



2020

*WISSENSCHAFT  
FÜR DEN MODERNEN  
MENSCHEN*

*TECHNIK UND TECHNOLOGIE, INFORMATIK, SICHERHEIT*



---

*SWorld*  
Germany



*Choporov O.N., Lvovich I.Y., Osadchuk A.V., Preobrazhenskiy A.P., Romanyuk O.N., Sukhiyy K.M. and etc.*

---

**WISSENSCHAFT FÜR DEN MODERNEN MENSCHEN**  
**TECHNIK UND TECHNOLOGIE, INFORMATIK, SICHERHEIT**  
*SCIENCE FOR MODERN HUMAN*  
ENGINEERING AND TECHNOLOGY, INFORMATICS, SECURITY

---

*Included in International scientometric databases*

***MONOGRAPH***

*NetAktivatAV*  
*Karlsruhe 2020*

UDC 001.895

BBK 94

W 77

*Author team:*

Alyabyev V.N. (3), Anashkina M.V. (9), Apilat A.A. (4), Arseniuk I.R. (8), Belyanovskaya E.A. (2), Biryulin V.I. (3), Chekhmestruk R.Y. (5), Chernyshev A.S. (3), Choporov O.N. (6, 11), Gorlov A.N. (3), Gutsalenko Y.G. (1), Khara M.B. (13), Koenig E.B. (10), Kudelina D.V. (3), Larin O.M. (3), Lvovich I.Y. (6, 11), Lvovich Y.E. (7, 12), Lyamzin A.B. (13), Lytovchenko R.D. (2), Maidaniuk V.P. (8), Malysenko K.A. (9), Malysenko V.A. (9), Osadchuk A.V. (10), Osadchuk I.A. (10), Mykhaylov P.I. (5), Perun I.V. (5), Preobrazhenskiy A.P. (6, 7, 11, 12), Preobrazhenskiy Y.P. (7, 12), Prokopenko E.M. (2), Romanyuk O.N. (5), Romanyuk O.V. (5), Shadi M S Hilles (8), Sukhyy K.M. (2), Sukhyy M.P. (2), Yeromin O.O. (2), Zybaylo S.N. (4)

W 77 **Wissenschaft** für den modernen menschen: technik und technologie, informatik, sicherheit. Book 1. Part 1 / [team of authors: Choporov O.N., Lvovich I.Y., Osadchuk A.V., Preobrazhenskiy A.P., Romanyuk O.N., Sukhyy K.M. and etc.]. – Karlsruhe: NetAkhatAV, 2020 – 196 p. : ill., tab.  
ISBN 978-3-9821783-0-1

The monograph contains scientific studies of authors in the field technologies, informatics, security, transport. It may be useful for engineers, designers and other employees of enterprises and organizations, as well as teachers, applicants, graduate students, undergraduates and students of higher educational institutions.

**UDC 001.895**

**BBK 94**

**DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01**

© Team of authors, 2020

**ISBN 978-3-9821783-0-1**



*The monograph was prepared by the authors*

1. *Alyabyev Vladimir Nikolaevich*, Outhwestern State University, Russia, Ph.D in technical sciences - *Chapter 3 (co-authored)*.
2. *Anashkina Marina Viktorovna*, Crimean Federal University named after Vernadsky V.I. - *Chapter 9 (co-authored)*.
3. *Apilat Andrey Andreevich*, Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine, master - *Chapter 4 (co-authored)*.
4. *Arseniuk Igor Rostislavovich*, Vinnitsa National Technical University, Ukraine, ass. professor - *Chapter 8 (co-authored)*.
5. *Belyanovskaya Elena Anatolyevna*, State Higher Educational Institution "Ukrainian State University of Chemical Technology", Ukraine, Ph.D in technical sciences, ass. professor - *Chapter 2 (co-authored)*.
6. *Biryulin Vladimir Ivanovich*, Southwestern State University, Russia, Ph.D in technical sciences - *Chapter 3 (co-authored)*.
7. *Chekhmestruk Roman Y.*, 3D GENERATION, Ukraine, Ph.D in technical sciences - *Chapter 5 (co-authored)*
8. *Chernyshev Alexander Savelievich*, Russia, Ph.D in technical sciences, - *Chapter 3 (co-authored)*.
9. *Choporov Oleg Nikolaevich*, Voronezh State Technical University, Russia, Dr.Hab. in Technical Sciences, Professor - *Chapter 6, 11 (co-authored)*.
10. *Gorlov Alexey Nikolaevich*, Southwestern State University, Russia, Ph.D in technical sciences - *Chapter 3 (co-authored)*.
11. *Gutsalenko Yuriy Grigorievich*, National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute" (NTU "KhPI"), Ukraine - *Chapter 1*.
12. *Khara Maryna*, Priazov State Technical University, Ukraine, Ph.D in technical sciences, ass. professor - *Chapter 13 (co-authored)*.
13. *Koenig Elena*, Max Planck Institute for the Structure and Dynamics of Matter, Ukraine, Ph.D in technical sciences, senior scientific employee - *Chapter 10 (co-authored)*.
14. *Kudelina Daria Vasilievna*, Southwestern State University, Russia, Ph.D in technical sciences - *Chapter 3 (co-authored)*.
15. *Larin Oleg Mikhailovich*, Southwestern State University, Russia, Ph.D in technical sciences, - *Chapter 3 (co-authored)*.
16. *Lvovich Igor Yakovlevich*, Voronezh Institute of High Technologies, Russia, Dr.Hab. in Technical Sciences, Professor - *Chapter 6, 11 (co-authored)*.
17. *Lvovich Yakov Evseevich*, Voronezh State Technical University, Russia, Dr.Hab. in Technical Sciences, Professor - *Chapter 7, 12 (co-authored)*.
18. *Lyamzin Andrey*, Priazov State Technical University, Ukraine, Ph.D in technical sciences, ass. professor - *Chapter 13 (co-authored)*.



19. *Lytovchenko Roman Dmytriyevich*, State Higher Educational Institution “Ukrainian State University of Chemical Technology”, Ukraine, graduate student, - *Chapter 2 (co-authored)*.
20. *Maidaniuk Volodymyr Pavlovyh*, Vinnitsa National Technical University, Ukraine, Ph.D in technical sciences, ass. professor - *Chapter 8*.
21. *Malyshenko Konstantin Anatolievich*, Crimean Federal University named after Vernadsky V.I., Russia, PhD in Economics, ass. professor - *Chapter 9 (co-authored)*.
22. *Malyshenko Vadim Anatolievich*, Crimean Federal University named after Vernadsky V.I., Russia, PhD in Economics, ass. professor - *Chapter 9 (co-authored)*.
23. *Mykhaylov Pavlo I.*, 3D GENERATION, Ukraine - *Chapter 5 (co-authored)*.
24. *Osadchuk Alexander Vladimirovich*, Vinnitsa National Technical University, Ukraine, Dr.Hab. in Technical Sciences, Professor - *Chapter 10 (co-authored)*.
25. *Osadchuk Iaroslav Alexandrovich*, Vinnitsa National Technical University, Ukraine, Ph.D in technical sciences, ass. professor - *Chapter 10 (co-authored)*.
26. *Perun I. Viktorovich*, 3D GENERATION, Ukraine - *Chapter 5 (co-authored)*.
27. *Preobrazhenskiy Andrey Petrovich*, Voronezh Institute of High Technologies, Russia, Dr.Hab. in Technical Sciences, ass. professor – *Chapter 6, 7, 11, 12 (co-authored)*
28. *Preobrazhenskiy Yuriy Petrovich*, Voronezh Institute of High Technologies, Russia, Ph.D in technical sciences, ass. professor - *Chapter 7, 12 (co-authored)*.
29. *Prokopenko Elena Mikhailovna*, National Metallurgical Academy of Ukraine, Ukraine, Ph.D in technical sciences, ass. professor - *Chapter 2 (co-authored)*
30. *Romanyuk Olexandr N.*, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, Dr.Hab. in Technical Sciences, Professor - *Chapter 5 (co-authored)*.
31. *Romanyuk Oksana V.*, Vinnytsia National Technical University, Ukraine, Ph.D in technical sciences, ass. professor - *Chapter 5 (co-authored)*
32. *Shadi M S Hilles*, Istanbul Okan University, Turkey, Computer Science, ass. professor - *Chapter 8 (co-authored)*.
33. *Sukhyy Kostyantyn Mikhaylovich*, State Higher Educational Institution “Ukrainian State University of Chemical Technology”, Ukraine, Dr.Hab. in Technical Sciences, Professor - *Chapter 2 (co-authored)*.
34. *Sukhyy Mikhaylo Porfyryevich*, State Higher Educational Institution “Ukrainian State University of Chemical Technology”, Ukraine, Ph.D in technical sciences, Professor - *Chapter 2 (co-authored)*.
35. *Yeromin Oleksandr Olegovych*, National Metallurgical Academy of Ukraine, Ukraine, Dr.Hab. in Technical Sciences, Professor - *Chapter 2 (co-authored)*.
36. *Zybaylo Sergey Nikolaevich*, Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine, Ph.D in technical sciences, senior scientific employee - *Chapter 4 (co-authored)*.



## Content

### CHAPTER 1. POSSIBILITIES AND FEATURES OF DIAMOND-SPARK GRINDING OF HIGH FUNCTIONALITY MATERIALS

Introduction .....	9
1.1. Geometric model of stable diamond grinding.....	9
1.2. Modeling and practice of removing of diamond wheel bindings .....	12
1.3. The economics of binding selection and grinding control mode.....	15
1.4. Grinding with ultra-dispersed diamonds in metal coating of grains.....	19
1.5. Formation of steel surfaces of increased hardness.....	22
1.6. Systematic approach to rational diamond grinding .....	26
Conclusions .....	31

### CHAPTER 2. IMPROVING THE PERFORMANCE OF OPEN-TYPE ADSORPTIVE CONVERTERS OF HEAT ENERGY FOR HEATING INFLOW AIR

Introduction .....	34
2.1. Experimental .....	35
2.1.1. Adsorptive heat storage device .....	35
2.1.2. Adsorptive regenerator of heat energy .....	38
2.2. Results and discussion.....	41
2.2.1. Performance of open-type adsorptive heat storage device.....	41
2.2.2. Performance of adsorptive regenerator of low-grade heat and moisture.....	48
Conclusions .....	51

### CHAPTER 3. APPLICATION OF VARIABLE FREQUENCY DRIVE IN WATER SUPPLY SYSTEMS

Introduction .....	52
3.1. Problems of energy saving in water supply systems .....	52
3.2. Ways to improve energy efficiency in water systems .....	54
3.3. Frequency-controlled electric drive in water supply systems.....	57
3.4. The structure of the frequency converter used in a variable frequency drive findings .....	59
Conclusions .....	64

### CHAPTER 4. THE DEVELOPMENT OF THE 3D PRINTING CONCEPT OF FORM BLOCKS

Introduction .....	66
4.1. Overview of 3D printer concepts .....	66
4.2. Development of the concept of a 3D printer for industrial printing of forms for the manufacture of building materials .....	68
4.3. Production of forms and matrices on a 3D printer and their utilization ....	70
Conclusions .....	71



## **CHAPTER 5. THE USE OF THREE-DIMENSIONAL MODELING FOR HUMAN SPINE DIAGNOSTICS AND TREATMENT**

Introduction .....	73
5.1. Analysis of the task status .....	73
5.2. Computer diagnostics of the spine condition .....	77
Conclusions .....	84

## **CHAPTER 6. KEY FEATURES OF ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEMS**

Introduction .....	86
6.1. Basic concepts of electronic document management system and its components .....	87
6.2. The structure and functional features of electronic document management systems .....	89
6.3. Analysis of modern document classifications .....	91
Conclusions .....	92

## **CHAPTER 7. THE PROBLEMS OF SYSTEMATIZATION IN THE ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT**

Introduction .....	93
7.1. Systematization of the documentation content .....	93
7.2. Classification of methods and algorithms of workflow systems .....	96
Conclusions .....	98

## **CHAPTER 8. INCREASING THE SPEED OF FRACTAL IMAGE COMPRESSION USING TWO-DIMENSIONAL APPROXIMATION TRANSFORMATIONS**

Introduction .....	100
8.1. Mathematical model of coding-decoding of images by fractal method ..	101
8.2. There are ways to increase the speed of the fractal image compression algorithm .....	103
8.3. Increasing the speed of fractal image compression due to two-dimensional approximation .....	104
8.4. Practical results .....	105
Conclusions .....	106

## **CHAPTER 9. METHODOLOGICAL JUSTIFICATION OF THE SYSTEM OF FINES FOR CAUSING DAMAGE TO THE RECREATIONAL POTENTIAL OF THE RESORT CITY**

Introduction .....	108
9.1. Basic concepts .....	108
9.2. Statement of the problematic situation in the assessment of recreational potential losses .....	109
9.3. Description of the system of penalties for damage to the recreational potential of the city of B. Yalta .....	117



9.4. The sequence of damage calculation based on the value of the resus component of the recreational facility and the established fact of losses.	129
Conclusions .....	133

## CHAPTER 10. APPLICATION OF MULTIFACTOR MODELS FOR FORECASTING OF PSA (PHTHALIC ANHYDRID) EMISSIONS IN AIRPLANES

Introduction .....	135
10.1. Common problems of modeling.....	135
10.2. Types of multiple classification .....	137
10.3. Multifactor mathematical models .....	137
10.4. Stages of construction for multifactor regression model .....	138
10.5. Linear multifactor model.....	141
10.6. Nonlinear multifactor model .....	143
10.7. Method of deterministic stochastic factorial analysis.....	144
Conclusions .....	150

## CHAPTER 11. PROBLEMS OF INFORMATION SECURITY IN DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS

Introduction .....	151
11.1. Problems of information security of distributed information systems ..	151
11.2. Analysis of information security threats, channels and methods of implementation of the security threats in distributed information systems .....	153
11.3. A comprehensive approach to information security of distributed information systems .....	157
Conclusions .....	159

## CHAPTER 12. PROBLEMS OF INFORMATION SECURITY IN DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS

Introduction .....	160
12.1. Characteristics of distributed systems of a university with distance educational technologies .....	160
12.2. Problems of information security of corporate networks of a distributed university.....	163
12.3. Modeling of objects of protection, threats to information security and IS breach channels in a university branch.....	165
Conclusions .....	168





**CHAPTER 13. THE INFLUENCE OF TRAFFIC FLOWS ON THE  
LEVEL ENVIRONMENTAL SAFETY OF LIFE UNIT OF  
SOCIETY**

Introduction ..... 169

13.1. Theoretical mechanism for evaluating the effectiveness of city solutions, to ensure the environmental safety of society in the ecological framework of the environment of the road network of industrial zones ..... 169

13.2. Mathematical model of ecologically safe space of activity of a unit of society in the conditions of ecological framework of the environment of a street and road network of industrial zones ..... 171

Conclusions ..... 175

**References ..... 177**



## CHAPTER 1. POSSIBILITIES AND FEATURES OF DIAMOND-SPARK GRINDING OF HIGH FUNCTIONALITY MATERIALS

DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-021

### Introduction

Reduction in allowances on final shaping details by perfection of technical equipment and blank production technologies is the steady tendency of mechanical engineering development.

In this connection the urgency of abrasive technologies with prevalence of grinding is continued in precision machinery industry. The satisfaction of consumer ambitions in increase of operational wear resistance of details of the machines, the adequate decision of corresponding problems of materials science results to increase of demand for the diamond-abrasive tool of working processes of grinding for hard-to-machine materials of improved characteristics, in particular very hard.

The problem of reliability and durability under consideration in unity of both sides in respect to working processes of grinding includes two basic aspects. The first (actually reliability) consists in necessity to provide steady workability of the tool on the given technological operation with the set productivity of processing. It is meant that own characteristics of the tool, in particular granularity of an abrasive and its keeping in a bonding matrix on a tool surface as result of the certain combination of properties (brands) of elements of two-component system "abrasive - matrix", potentially allow to form cutting relief up to necessary height.

The second (durability), besides unconditional stability of working process of grinding in a context of the first aspect (reliability), assumes a choice from possible regime polyvariants of maintenance of steady workability of the tool with a required level of productivity such at which realization the resource of the tool is maximal or technological enough if achievement of a resource maximum is not the basic or unique criterion of acceptance of the managing decision in the set organizational-technological restrictions.

Resource saving in use of tools of the combined technologies of the grinding, for example diamond-spark grinding which developed in the Kharkov Polytechnic Institute [1], first of all it is defined by efficiency of abrasives use, in particular the most expensive and efficient superhard, and output of power consumption for needs of development support of a cutting relief of the tools, for example metallic-connected distinguished by increased strength and wear resistance.

The proposed approach to rational maintenance of stability of the combined diamond grinding under electropower support for workability of metallic-connected cutting tools is formed on the basis of the physicomaterial theory of materials processing and technology of mechanical engineering [2].

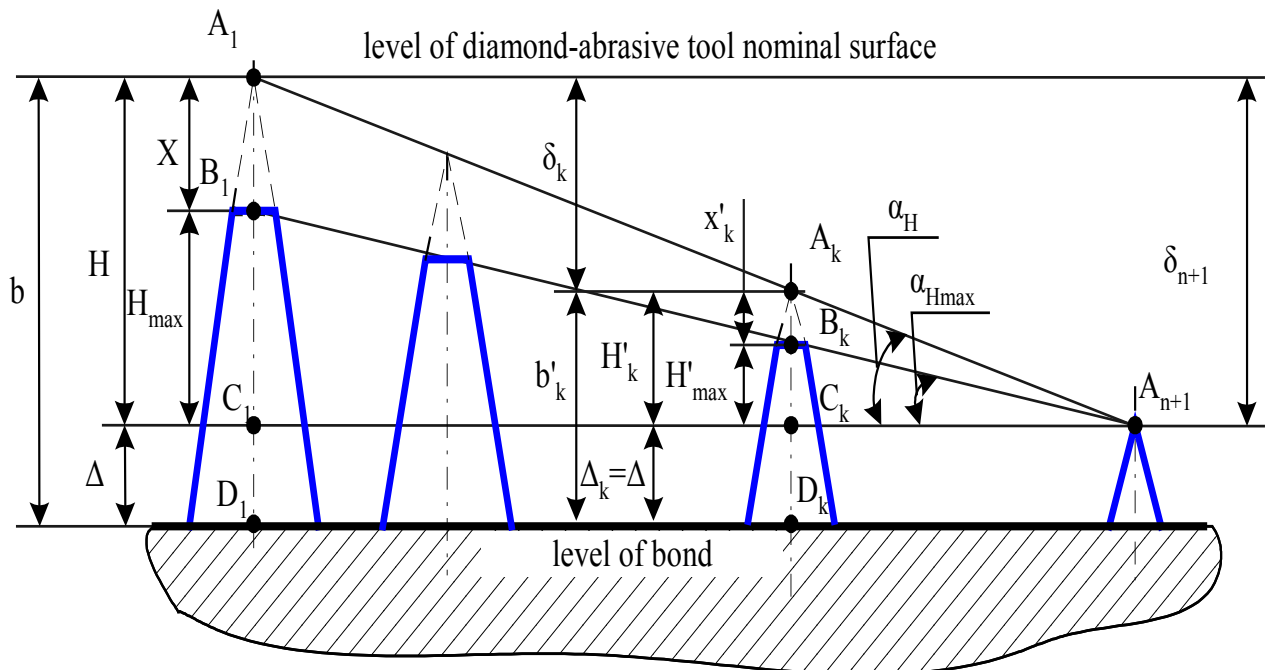
### 1.1. Geometric model of stable diamond grinding

The defined model assumes the uniform law of distribution of grain heights above a level of a bond after its opening. As reflection of stability of grinding it is support of constant maximal thickness of the cut attainable by separate grains of a



working surface of a wheel in the set system of kinematics-geometrical conditions (regimes) of grinding determining productivity of processing.

In the general case of grain wearability in tribo- and cutting contact to a processable material the defined model assumes also uniform (with constant speed  $V_{sep}$ ) a grain wear in the normal direction to nominal working surface of wheel (cylindrical at grinding by periphery of wheel, flat at grinding by its face). According to the model, the most overhanging above bond level grain before loss from it simultaneously reaches the maximal thickness of a cut  $H_{max}$  and limiting wear  $X$ . In this connection, in the current system of reference from initial (up to wear) top position of a grain the most overhanging above bond level, the maximal depth of introduction of a processable material in a working surface of wheel will make size  $H = H_{max} + X$ , Fig. 1.



**Fig. 1. The settlement interpretation of a working surface of the diamond-abrasive tool (invariant of grain form)**

Reduction of a bond wear speed  $V_{cs}$  and rational regeneration of a worn cutting relief according to grain wear speed  $V_{sep}$  within the framework of the assumptions accepted by consider model and in the version  $\Delta = 0$  is carried out from a condition [3]

$$\frac{H}{V_{cs}} = \frac{X}{V_{sep}} \tag{1}$$

and a ratio following from it

$$\frac{V_{sep}}{V_{cs}} = \eta, \tag{2}$$

where  $\eta = X / H$  – the dimensionless factor which is taking into account a degree blunting of a grain,  $\eta \rightarrow 0$  for the sharp grain,  $\eta \rightarrow 1$  for the blunted grain.



Correctness of establishment of ratio (2) as the universal description of a cutting stage of each grain life cycle of geometrically stable working surface of wheel it is in detail considered in the work [4].

Let's consider, how process of grinding will be transformed at inadequate (2) operating by bond wear to version  $\Delta = 0$ . Attempts to increase a resource of a grinding wheel by  $V_{ce}$  reduction in relation to following of (2) norm  $[V_{ce}] = V_{sep} / \eta$  with all evidence result to a disputed meeting of a wheel bond with a removed allowance when first (bond) has not time to be opened for maintenance of grain overhanging which is necessary for stable removal of second (allowance),  $[H_{max}] > H - X$ . If contact "tool–detail" is absolutely rigid at infeed grinding follows instant failure of processing technological system or (for preliminary opened wheel) time of a mean time between failures also practically instantly and makes  $\tau = H / ([V_{ce}] - V_{ce})$  from the moment of the grinding beginning if grinding and bond removal are started simultaneously, or  $\tau = H / [V_{ce}]$  from the moment of the grinding beginning if a signal to bond removal is its removed allowance contact. The form of failure can be as controlled stop of technological system (for example, at presence of the following control of normal loading of working contact), and one of dangerous emergency variants (crack or blowout of wheel or workpiece).

If to consider nonrigid contact "tool–detail", with the introduction of a workpiece surface into contact to a wheel bond at  $V_{ce} < [V_{ce}]$  elastic moving with a tightness in contact up to some maximum load will follow at the beginning. The further development of a situation will be propagate by the basic variants of rigid contact considered above.

In industrial practice usually resort to reservation of stability of grinding by breach of a sufficiency level  $[V_{ce}]$  aside  $V_{ce} > [V_{ce}]$  that absorbs additional power resources and can result in unevidently significant reduction of a tool resource [5] and, accordingly, to unjustified increase of necessary expenses for the decision of a problem complex of tool maintenance (in supply and a warehouse facilities; on replacement, debugging, recycling of the fulfilled tool, etc.).

In this case transformation of the circuit "wear–loading" of a critical condition of a grain (before loss from a bond, Fig. 1) can develop on two directions. The first is characterized by a constancy of critical closing up of a grain in wheel bond, consequence of that is the constancy  $H$  in various versions  $V_{ce}$  and, as it follows from (1), reduction  $X$  proportional to increase  $V_{ce} > [V_{ce}]$  at a constancy  $V_{sep}$  (an initial sending of modelling) that results to corresponding underutilization of a separate abrasive grains and reduction of an operational resource of a grinding wheel in whole.

The second direction of transformation for the considered circuit "wear–loading" is characterized by a constancy of the maximal thickness of a cut  $H_{max}$  (on which achievement a grain stops the stay in a wheel bond) as in base ( $V_{ce} = [V_{ce}]$ ), and in



changed ( $V_{ce} > [V_{ce}]$ ) conditions. Then  $H < [H]$ , since by definition  $H = H_{\max} + X$ , but  $H_{\max} = [H_{\max}]$ ,  $X < [X]$  as it follows from (1) for  $V_{sep} = const$  and  $V_{ce} > [V_{ce}]$ . A ratio (1) for  $V_{ce} = k[V_{ce}]$  under  $k \geq 1$  and  $H_{\max} = [H_{\max}]$  gets a form ( $X = [X]$  at  $k = 1$ ):

$$\frac{[H_{\max}] + X}{k[V_{ce}]} = \frac{X}{V_{sep}}, \quad (3)$$

whence

$$X = \frac{V_{sep} [H_{\max}]}{k[V_{ce}] - V_{sep}}. \quad (4)$$

From (4) follows that in this case the achievable size of a grain wear  $X$  with increase  $V_{ce}$  (by  $k$  increase) is reduced, and rate of decrease is slowed down in process of  $V_{ce}$  increase.

## 1.2. Modeling and practice of removing of diamond wheel bindings

Improvement of design and composition of working part of grinding wheels from the position of their higher productivity, life between regrinds and tool life is always urgent problem. Depending on the target function and restrictions, a selective (relative) advantage or an integrated (absolute) advantage is expected to be ensured, or progressive compromise in time, cost, production conditions is supposed to achieve. In many cases certain technological and environmental advantages compared with conventional abrasives can be achieved using superhard materials in tools. However, significantly higher costs of superhard abrasives over conventional ones requires careful economic analysis both such technological alternatives and intrinsic polyvariant combinations of the bond and the brands, the graininess, the concentration of grinding powder in superhard tools.

The success of a particular wheel is mainly predetermined by two very contradictory factors: the ability to reliably hold cutting grains on the work surface, and at the same time, the compliance of the working surface for renewal, cleansing of the adhesion and worn grains.

With increasing in the relative contribution of the powder cost in the price of the wheel, corresponding to the transition from typical to superhard abrasives, the role of the first condition increases: economic efficiency of synthetic diamond and other superhard materials is mainly dependent on the integrity of cutting grains usage in wheels and on reducing their specific consumption. When using diamond grinding powder of higher strength and graininess, this tendency is even more so.

Improvement of the technologies of synthetic superhard materials, expanded application of competitive heat-, wear-resistant and other hard-to-work materials in advanced industries, as well as toughening of the realities of market economy at the present stage of domestic production and consumption of superhard abrasives naturally lead to the extended use of high-strength steel bonds with diamond-bearing overreliability in the wheels. For example, over 50% of modern range of grinding



wheels manufactured at Poltava Diamond Plant, the largest in Ukraine and one of the largest in the world industry of synthetic superhard materials and tools made of them, is presented in metallic bonds.

Improvement in the bond strength inevitably reduces the ability of the wheels to self-sharpening due to its natural attrition and destruction in the processes in grinding area. In this case, the necessary compliance of the wheel working surface for refresh of cutting relief is ensured by forced dressing in cutting area or independently produced continuously or periodically. Work of dressing is realized owing to introduction of specially generated additional energy, mostly electricity (source – impulse current generator and direct current generator), mechanical vibrations (ultrasonic generator) as well light (laser), plasma (plasmatron), and their possible combinations.

In NTU «KhPI» the theoretical and experimental bases, as well special equipment for the respective grinding and dressing technological processes according to the referred above additional energy are developed [6-8]. Introduction of additional energy in a form of electrical discharges in cutting area (diamond-spark grinding) has the greatest development [1]. Among other technological methods of similar application, diamond-spark grinding are favorably notable for its relative simplicity of the modernization of machine tools, low cost of special energy sources, high controllability and reliability of working process. The method is an effective tool to solve various problems of optimization of technological processes of grinding, to enhance the productivity and quality of processing, to reduce its cost and power consumption [9].

In recent years the practical demands of the industry in Ukraine shows the decrease of the actuality of the urgency of production of the diamond wheels with greater variety of the brands (properties). So on the basement of the real state of the market already in 2000 year Poltava Diamond Plant offered to consumes the diamond wheels on the metal bonds of factually only two brands, exactly M2-01 (with mass abundance Cu:Sn as 4:1) and M1-01 (under idem mass abundance Cu & Sn with addition 0,5% Sb), together making 95% of the whole offer of the diamond wheels on the metal bonds [10].

Such a situation is a real consequence of less planned economy, low financial possibilities of small enterprises, economic difficulties of restructurization and seach of self-place in the modern conditions that typically to the most of the large Ukrainian enterprises. The conditions of strict competition of the great number of small enterprises under uncertainty of contents of portfolio of future orders and unreliability of forecasts in this attitude that is very typical for market regulation demand universalization of the approaches also to the management of the cutting ability of the diamond grinding wheels on metal bonds.

The previous researches [5, 11-13] marked, that excess of the certain level sufficiency for speed of wheel bond wear let provide stability of grinding in durability aspect, and down to full exhaustion of an abrasive-comprising layer with thickness  $S$ , but results to corresponding (in a return proportion) change of an operational resource of the tool  $T$ , so long as



$$T = S / V_{CG} \quad (5)$$

**Table 1**  
**Change of operating characteristics under increase of pulse current average**  
**when stable diamond-spark grinding with specified productivity**

Work material	Grinding mode (machine-tool model)	Technological current source	Diamond wheel	Calculated productivity $Q$ , mm <sup>3</sup> /min	Pulse current $i_{cp}$ , A	Diamond specific consumption $q_v$ , mg/sm <sup>3</sup>	Relative estimate of change of relative diamond blunting $\delta\eta$	Speed of bond wear $v_{CB}$ , $\mu$ m/min	Wheel resource $T$ , min
Hot-work welding 3X2B8		Industrial electric power package for electroerosion grinding (ИТТ-35)	1A1200X10X5X76 AC6 250/200 4 M2-01	1600	8	21.0	0	6.11	818
					11	21.5	-0.02	6.26	799
Hard alloy BK6	External cylindrical grinding (3Б12, modernization)		1A1 250X10X5X76 AC6 250/200 4 M2-01	2000	4	19.2	0	6.98	716
					8	28.1	-0.32	10.2	489
Hard-magnetic alloy ЮНДК24Т2	Internal grinding (3K227BP)	Industrial unipolar generator (БГ-3Б)	1A1 25X10X3X6 AC6 125/100 4 M2-01	400	30	21.8	0	12.7	236
					35	25.3	-0.14	14.7	204
					40	33.7	-0.35	19.6	153



The realized analysis of the considered model including  $V_{sep}$  constancy as an initial sending of modeling allows through  $[\eta]$  norm to define  $[V_{ce}]$  norm from (2):

$$[V_{ce}] = V_{sep} / [\eta]. \quad (6)$$

Expression (6) is the rational form of realization of the expanded condition

$$V_{ce} \geq V_{sep} \quad (7)$$

as condition of stability of grinding in durability aspect firewall according to (5) the operational resource of the tool is maximal and consequently is norm of the tool effective use,

$$[T] = S / [V_{ce}]. \quad (8)$$

Nonfulfilment of this condition in practice can result to unjustified increase of charges on tool maintenance of technological systems. As it follows, for example, from the data [11] interpreted with use of the settlement approach [14] to  $V_{ce}$  definition, at external cylindrical and internal grinding of various difficult-to-cut materials (welding, hardmetal), the intensification of electric modes of diamond-spark grinding by increase of average value of a pulse current up to 3 times can lead to increase  $V_{ce}$  more than in 3 times and to corresponding decrease in an operational resource of wheel, see Table 1 in Russian symbol identification.

Thus, as shown in [14], the relative estimation  $\delta\eta$  change of relative  $\eta$  diamond blunting in situational polyvariants of  $q_v$  diamond specific consumption is equivalent to  $\delta q_v$  and submits to dependence

$$\delta\eta = \frac{q_{v \min} - q_v}{q_v}. \quad (9)$$

On a design stage of the tool and technologies for large-quantity production according to (8) it is enough to put  $S$  in dependence from  $[T]$  at known  $[V_{ce}]$  that losses of  $t_{cm}$  time for replacement and setup the tool after its  $[T]$  resource exhaustion at manufacture of some quantity of production "got" in  $t_x$  interval of time of routine maintenance of not less "headache" place of technological process ( $t_{cm} \leq t_x$ ), with maintenance of multiposition concentration (saving) of time losses for necessary support of the set functional workability of technological system outside of cutting passes.

### 1.3. The economics of binding selection and grinding control mode

Following the logic of the processes in interelectrode gap between bond-material and work-material, as well as the processes in the moving make contact – break contact in diamond-spark grinding area [15], under the comparable processing conditions the tools on different metal bonds, physical and mechanical properties of which are characterized by different strength, wear- and erosion resistance, will wear at different intensity. Practical experience of diamond-spark grinding of hard alloy, wear-and heat-resistant overlaying weldings and coatings, magnetically hard





materials and other hard-to-work materials shows that these differences in wear rate of wheels on different metal bonds and, consequently, in their tool life under the same grinding conditions (with a different approach to some optimal one for each of a bond) can be significant.

Thus, at diamond-spark grinding of heat-resistant chrome-tungsten overlaying weldings of 3X2B8-type (composition of overlaying weldings – according to acting in Ukraine technical requirements of State standard of USSR 5950-73) with given productivity  $Q_{nom} = 1.60 \text{ cm}^3/\text{min}$ , provided by introduced additional electrical discharge energy in cutting area which is adequate for stable work of tools, the specific diamond content  $q$  varies according to the type of bond from  $0.0196 \text{ g/cm}^3$  to  $0.0291 \text{ g/cm}^3$ , or by 1.5 times (see Table 2).

Table 2

Wear characteristics and tool life of diamond wheels on metal bonds

Code of bond	M1-10	M2-01	M2-09	M1-04	M2-12	M1-01
Specific diamond content $q, \text{ g/cm}^3$	0.0196	0.0200	0.0217	0.0230	0.0271	0.0291
Velocity of mass consumption of diamonds $qQ, \text{ g/min}$	0.0314	0.0320	0.0347	0.0368	0.0434	0.0465
Tool life of diamond wheel $T, \text{ min}$	860	844	778	734	622	580

Registered deviations of actual productivity  $Q_a$  does not exceed 5% from  $Q_{nom}$  in carried out experiments of diamond-spark grinding with inflexible wiring of production modes. As a source of technological electric current (voltage 40V in the experiments under consideration) the electric power supply of model ITT-35, produced by Baku Machine-Tool Plant, was used. The supply was specially designed to initiate and to keep electric-discharge processes in grinding area and recommended for completing special grinding, flat surface and cylindrical grinding machines, modernized for diamond-grinding spark. Here it should be noted that on the same mechanical processing modes (longitudinal and cross feed respectively 0.8 m/min and 0.01 mm/double pass, speed of workpiece and wheel respectively 40 m/min and 25 m/s) productivity of grinding process is gradually declining when electric power supply is off. So, 50-60% of productivity reference value ( $Q_{nom}$ ) is lost in 25-30 min when processing with wheels on bonds M1-10 or M2-01 without electric discharges.

Bonds from Table 2 have a combined metal base according to the developed in Ukraine specifications (TY) or enterprise standards (CTII) developed at the Institute of Superhard Materials of NAS of Ukraine: pure Cu-Sn (M2-01, TY2-037-181-85), with a basis Cu-Sn-Sb (M2-09, CTII 90.1140-88), Cu-Al or Cu-Al-Zn (M1-01, TY2-037-57-81; M1-04, CTII 90.504-85; M1-10, CTII 90.877-83; M2-12, TY2-037-325-82).

Tool life of a diamond wheel  $T$  is determined as a prediction of total duration of its involvements in the specific working processes at repeatability of the reproducible conditions, the consequence of which would be almost constancy of processing



productivity  $Q$  ( $\text{cm}^3/\text{min}$ ) and specific diamond content  $q$  ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) in successive acts of grinding. Thus, the data obtained experimentally covers the entire life of the tool  $T$  (min):

$$T = \frac{m_a}{qQ}, \quad (10)$$

where:  $m_a$  – mass of diamonds in the wheel, g;  $q$  – specific diamond content,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;  $Q$  – processing productivity  $Q$ ,  $\text{cm}^3/\text{min}$ .

Mass of diamonds in the wheel  $m_a$ , being a part of the relation (10) is a nameplate characteristic of the tool. For the known type and size characteristic of the grinding wheel (1A1 200×10×5) and involvement share of diamonds in unit of volume of working (diamond-bearing) layer of tool (0.25),  $m_a$  is 135 carats [15]. Then, taking into account that  $Q \approx Q_{nom}$  and so long as  $1 \text{ c} = 0.2 \text{ g}$ , equation (10) in the problem being solved can be transformed to:

$$T = \frac{16.875}{q}. \quad (11)$$

The results of the calculation of tool life of diamond wheels on various metal bonds, in respect to the specific conditions of diamond-spark grinding under consideration are shown in Table 2.

Taking into account the current market price of the diamond grinding wheel  $C$  (USD) and given in Table 2 results of calculation of its tool life  $T$  (min), depending on the required operating time  $t$  (min), the cost  $E$  (USD) on such tools are as follows:

$$E = C \frac{t}{T}. \quad (12)$$

Thus, at diamond-spark grinding of heat-resistant chrome-tungsten overlaying weldings of 3X2B8-type (composition of overlaying weldings – according to acting in Ukraine technical requirements of State standard of USSR 5950-73) with given productivity  $Q_{nom} = 1.60 \text{ cm}^3/\text{min}$ , provided by introduced additional electrical discharge energy in cutting area which is adequate for stable work of tools, the specific diamond content  $q$  varies according to the type of bond from  $0.0196 \text{ g}/\text{cm}^3$  to  $0.0291 \text{ g}/\text{cm}^3$ , or by 1.5 times (see Table 2).

Then the additional costs (or cost savings)  $\Delta$ , connected with the transition to time  $t$  when using a tool with different characteristic, with price  $C_2$  and tool life  $T_2$  instead of a tool with price  $C_1$  and tool life  $T_1$ , calculated as follows:

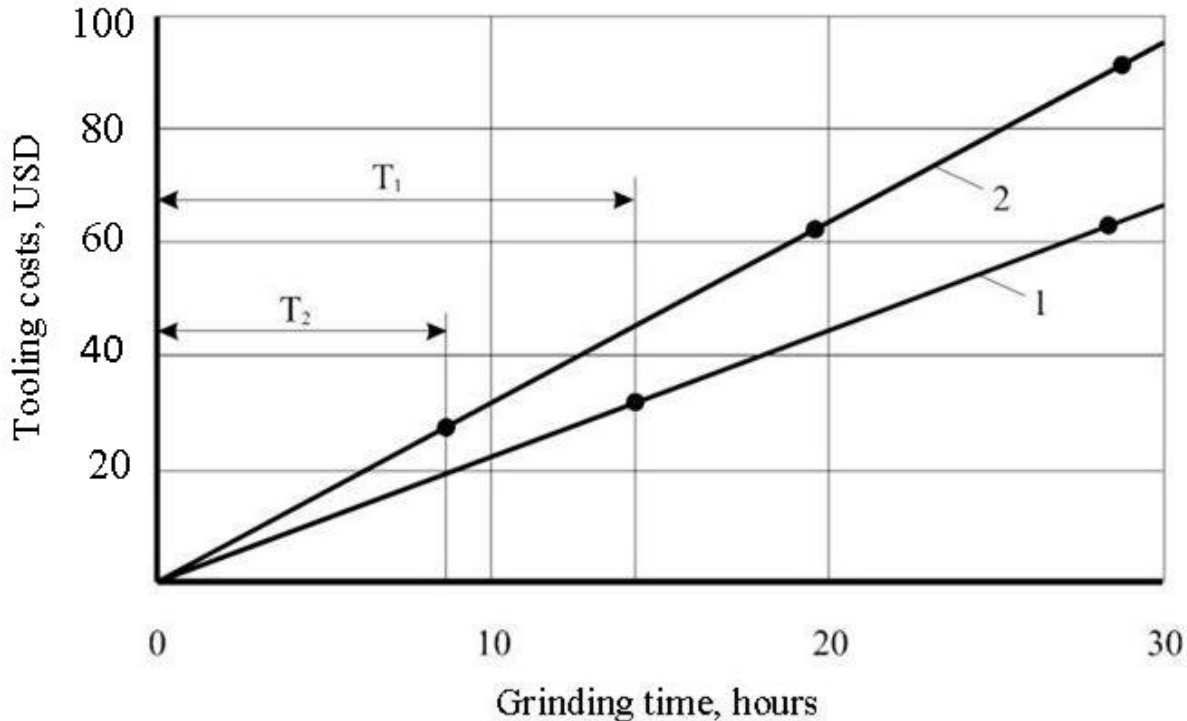
$$\Delta = \left( \frac{C_1}{T_1} - \frac{C_2}{T_2} \right) t, \quad (13)$$

and depending on the sign of the result the tool's consumer have additional costs (if  $\Delta < 0$ ) or cost savings (if  $\Delta > 0$ ).

Fig. 2 shows the dependence  $E = E(t)$  for grinding wheels on the most common among the considered bonds, M2-01 and M1-01 ( $C_1 = C_2 = 28.52$  USD according to the price-list of «Poltava Diamond Plant» (<http://www.poltavadiamond.com.ua>). Diamond powder of synthetic diamonds with the following characteristics according to the current standard in Ukraine (ГОСТ 9206-80) was used in the diamond-metal wheel composites of considered here practice (Fig. 1): make AC6 (with an average



compressive strength of 600 N), grit 250/200 (analog: D251 FEPA standart,  $\mu\text{m}$ , 60/70 US standart, mesh), the concentration of 4 (the share of diamonds in a unit volume of the diamond-metal composition of the working part of the instrument is 0.25).



**Fig. 2. Costs of diamond wheels 1A1 200×10×5 AC6 250/200 4 on bonds M2-01 (1) and M1-01 (2) under identical experiment conditions of diamond-spark grinding (● - toolchange)**

As follows from (12) and (13), the replacement of the diamond wheel on bond M2-01 (binary intermetallic structure of 80 wt. % Cu and 20 wt. % Sn) with the same one, but on less wear-resistant bond M1-01 (solid solution based on 62 vol. % intermetallic  $\text{CuAl}_2$ , 27 vol. % alloy combination Al-Zn and 11 vol. % Si) increases the necessary tooling costs by 45% (by 0.92 USD/machine hour).

Thus, the correct choice of metal bond of diamond tools will have a very significant positive impact on the technical and economic indicators of functioning of the technological machining system with ED dressing of wheels in cutting area (diamond-spark grinding). Both violation of the established science-based technological regulations of diamond spark grinding, and the absence of such science-based regulations, can sometimes provide the required processing productivity, but at the same time lead to a significant reduction of tool life and, therefore, incomplete use of cutting potential of diamond tools, increased costs on the tool and idle time for service of its replacement on the machine during the execution of the manufacturing task.



#### 1.4. Grinding with ultra-dispersed diamonds in metal coating of grains

Technological capabilities and advantages of diamond-spark grinding by wheels on high-strength metal bonds [16] are connected with reliable retention of diamond grains that protrude above the bond, and managed update of the cutting relief based on the maximum use of the unique working potential of the super hard abrasives. Carried theoretical and experimental studies of the impact of diamond wheel cutting relief wear and update on the stability of the process and operation parameters of the diamond-spark grinding point to the decisive influence of the initial size, geometry, strength, wear resistance of the super hard grains as a part of diamond-metal tool composition on its potential working capacity, the intensity and resource of working exploitation.

Metal protection of the surface of synthetic diamond grains reinforced by including of detonation ultra-dispersed diamonds (UDD) in the coating contributes to the morphometric preservation of grains in pre-operating period of their life cycle. The experience of increase the efficiency of diamond-spark grinding by wheels with the initial surface metallization of superhard abrasive grains is known [17]. Therefore, the including of superhard component in the form of UDD into the composition of the metal coating of the diamond grains for the tools of diamond-spark grinding opens new perspectives in improving the working life of grinding wheels and the technological possibilities of this technological method of high-performance complete machining.

In NTU "KPI" developed a practical technology of abrasion-resistant metallization of diamond grains with the introduction of UDD, and there are obtained the data on the possibility of pressing and sintering of grinding wheel diamond-metal working compositions under such a composite coating without destroying them with diamond grains under such a composite coating without destroying them [18].

Acting in the known role [19] of powerful structure-forming agent, significantly amplifying the functional properties of the coating at the stage of tool production, detonation UDD in its composition on the grains of the grinding wheel working surface in the operational technological use at the same are the centers of high wear resistance to opening of diamond cutting basis of the grains.

The present study continues the work in the direction of rational use of functional coatings in technique and tools of diamond-spark grinding [20] as well as consideration of the characteristics and applications of thin structures of superhard carbon allotropes [21]. It aim is to show the principal features and possibilities of effective operational destruction of detonation UDD under the action of an electric current in the metal coating, which carried out its protective function and requires opening in workflows of managed DSG.

By the time of the first publication (1988, [22]), that reveals the essence of the method of fabrication of UDD during a quarter of a century development in the USSR, from the first experience of explosive synthesis of UDD in 1963, carried out by the Russian scientists in the field of gas dynamics K. V. Volkov, V. V. Danilenko, and V. I. Elin from National Scientific Research Institute of Technical Physics (now Russian Federal Nuclear Center) in the science city of Chelyabinsk region, Snezhinsk (Chelyabinsk-70), their industrial production, the annual volume of which amounted



to about 10 million carats has already existed on the basis of the scientific production association "Altai" [23].

In Ukraine, an independent pilot synthesis of UDD has been carried out at the Institute for Problems of Materials Science (Kiev) under the leadership of V. I. Trefilov [24]. Since 1992 industrial production of UDD has been organized in closed corporation "Alit" (Zhitomir) [25]. Research and production enterprise "SintA" LLC, using original technology of synthesis and chemical purification, engages in fabrication of UDD in Kharkov [26].

It was first established in the study [27] that UDD has tetragonal crystal lattice with the parameters  $a = 0.3585$  nm and  $c = 0.345$  nm, and morphological samples obtained in this manner are gas-filled hollow spheres of diamond particles having an average inner radius of shell 1.894 nm and an external radius of shell 2.547 nm. These particles up to 4-6 nm in size crystallize in the diamond phase, at the same time being sintering, forming secondary fractal structure. At that gas-filled cavities inside the particles are formed during crystallization process.

Interaction with the gas medium of the explosion chamber leads to the oxidation of the surface carbon atoms. The sources of gas emission of UDD are internal and interparticle closed cavity and oxidized carbon atoms. The final product contains carbon (from 84.0 to 89.0 wt.%), hydrogen (from 0.3 to 1.1 wt.%), nitrogen (from 3.1 to 4.3 wt.%), oxygen (from 2.0 to 7.1 wt.%) [23].

Role activation of cutting diamond grains in electrical contact of the grinding wheel with the workpiece due to their metal coating corresponds successfully to the approved concept of diamond-spark grinding with the introduction of additional energy in the form of direct current in cutting area [28] and at that with soft electric mode of excitation of electrical discharges on the mechanism of sliding electrical contacts [29].

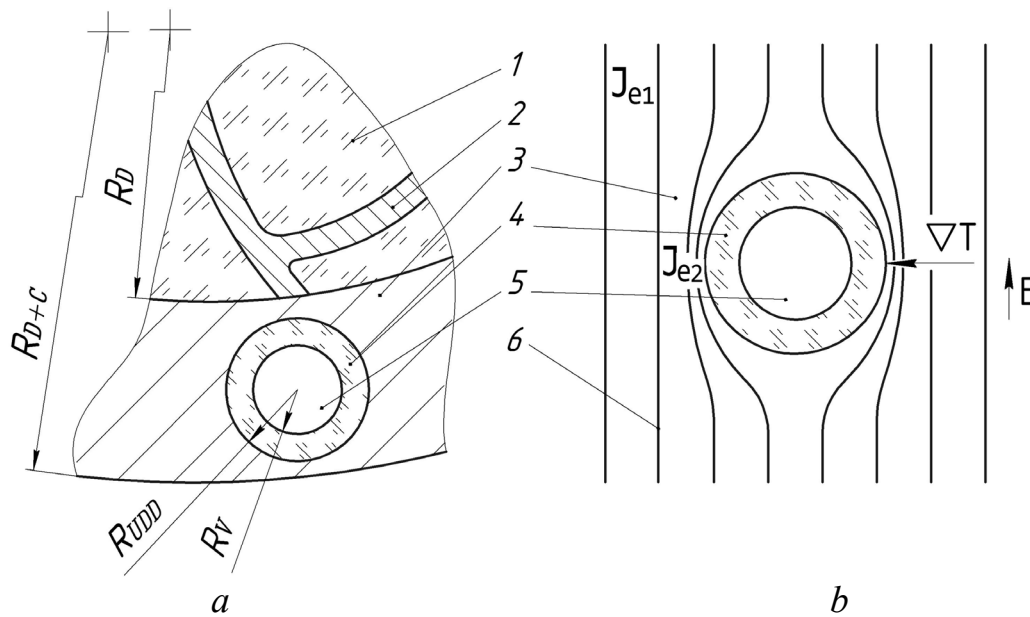
It can be assumed that at diamond-spark grinding (e.g., with arrangement of current supply to the cutting area by the scheme [28]) the flow of electric current in the bulk of metal coating of diamond grain will be accompanied by an intensification of density of the electric field around the diamond nanoparticles perceived similarly to the pores in the technologies of ceramics electroconsolidation under pressure according to the SPS method [30], with an increased probability of discharge attacks of gas-filled cavities inside the diamond nanoparticles, initiation of ozone into them, realizing increased oxidative activity by capturing of carbon, etc. [31].

The behavior of the electric current in the field of UDD particles interstitial into a solid metal body has not been previously predicted and studied, but is of considerable theoretical and practical interest from the position of an impact on the contact properties of the hollow nanodiamond particles and their structure formation function in the surrounding bulk of metal coating (Fig. 3).

In analytical and synthetic structures of the general picture of spark-discharge displays of diamond-spark grinding with participation of metal-coated diamond grains containing UDD in the coating composition, we should not evidently eliminate the possibility of the known in nature air-gas medium of local fields of static electricity, the energy which can be released by the sparks [32], addressing this possibility to nonvacuum-processed enclosed spaces under the diamond cover of



UDD with its post-discharge mechanical deformation and destruction.



*a* – structural and geometric scheme;

*b* – thermal and electro-physical scheme

- 1 – synthetic diamond grain;
- 2 – residual metal structures of catalytic synthesis of diamonds;
- 3 – diamond grain metal coating;
- 4 – UDD diamond sheath;
- 5 – UDD gas-filled cavity;
- 6 – electric field power lines

**Fig. 3 UDD in metal coating of diamond grain of diamond spark grinding tool**

The final product in the conventional technologies of UDD synthesis in metal chambers, in addition to the non-diamond phase of latent carbon [33] and gas component, contains the results of the interaction of detonation products with the walls of the chamber, steel as usual. The research [12] of condensed explosion products fabricated by the detonation of explosives consisting of the alloy of 1,3,5-trinitrotoluene with cyclotrimethylenetrinitramine exploded in atmosphere of products of the previous explosion of the same explosive, found the content of incombustible impurities of oxide Fe (III), iron carbide and  $\alpha$ -iron within limits of 4.2-6.5 %, with the following distribution of the intensities in the spectrum among the iron impurities: the contribution of the line of  $\alpha$ -iron is 29-43%, magnetite - 36-48%, certain ions Fe (III) - 16-27 % [27]. Of course, the specifics of these results comply with the conditions of research [12] (the volume of the explosion chamber 3.05 m<sup>2</sup>, the oxygen content in it - up to 6 vol.% , the load weight - 0.65 kg; the temperature of the chamber walls – up to 363 K, the ratio of the mass of condensed products of explosives detonation – 9 (trinitrotoluene): 1 (cyclonite) at 8 wt.% of diamond nanophase; etc.). However, the structure and order of the values of the obtained data make it possible to assume a radical change of conductivity conditions in nanodiamond covers, favourable for their electric-discharge cleaning like [34] under



diamond-spark grinding conditions, possibly with sliding discharge along the boundaries [35].

Dimensional assessment of morphometry the secondary fractal structures of UDD is less than 10 nm, and in the initial morphological assessment ratio of the average size of the diamond wall and the whole particle in its interpretation by spherical model on experimental data [27] is virtually 1:4. With this in mind, as well as a simple ratio of overall dimensional evaluation of fractal structure of UDD (less than 10 nm) and the lower limit of granularity for powders of synthetic diamonds in the recommendatory practice of grinding wheels on metal bonds (40  $\mu\text{m}$ , according to the basic standard for diamond powders of any genesis [36], as well as on detailed exposition of this standard in its synthetic part [37]), i. e. less than 1:1000, it can be used overheating by bursts of electrical current (e.g., electric-discharge) to achieve a known graphitization temperature zone (about 1000 C for UDD [38]) with a duration of action which is destructively critical in full only for ultra-dispersed diamond fragments of detonation nature. At the same time significantly higher power of heat reset for synthetic diamonds (approximately 600 W/(m $\cdot$ K) [39]) compared with the surrounding bond metal matrix (for most typical brands on the copper-tin or copper-zinc-aluminum-based it is about 20...40 W/(m $\cdot$ K) [40]) in the temperature range close to the diamond graphitization will contribute to superhard preservation of diamond grains of grinding powder in the descending part of a thermal overload.

In the present case of operating sliding electrical contact between the grain metal covering and the electrically conductive material that is processed the potential energy intensity of electrical discharges significantly reduced in contrast to the diamond-spark grinding by wheels without an initial metal covering of the cutting grains. Therefore, erosion destructions of diamond grain metal coating and wheel metal bond in a sliding contact with processed material are much less intense. This implies a low probability of tipping out an wear-free UDD as a result of a single electric discharge in sliding contact between the metal coating of the grinding powder grains and processed material. Therefore, taking into account and the use considered above technological capabilities of diamond-spark grinding in operational liberation from metal coating of wheel grains with UDD is an important additional source of increasing the efficiency of the processing by tools of superhard abrasives with preoperational preserve the original integrity of the individual grains.

### **1.5. Formation of steel surfaces of increased hardness**

The white layer (white zones) as slightly etching hard buildup, appearing on a surface of steel components during contact thermo-mechanical influence, for a long time draws attention of researchers from the point of view of possible increase of life-limiting characteristics of operational contact surfaces. However to the beginning of the third quarter of XX century cautious negative estimations prevailed among metallophysicists as regards practical usage of white layer phenomenon. There is characteristic point of view of world- famous scientists I.M.Lyubarskiy and L.S.Palatnik [41]: «White zone does not possess satisfactory for effective resistance to deterioration properties ..., it is frequently formed as separate isolated sites on friction surface or in volume of metal, ... the non-uniform areas being concentrators



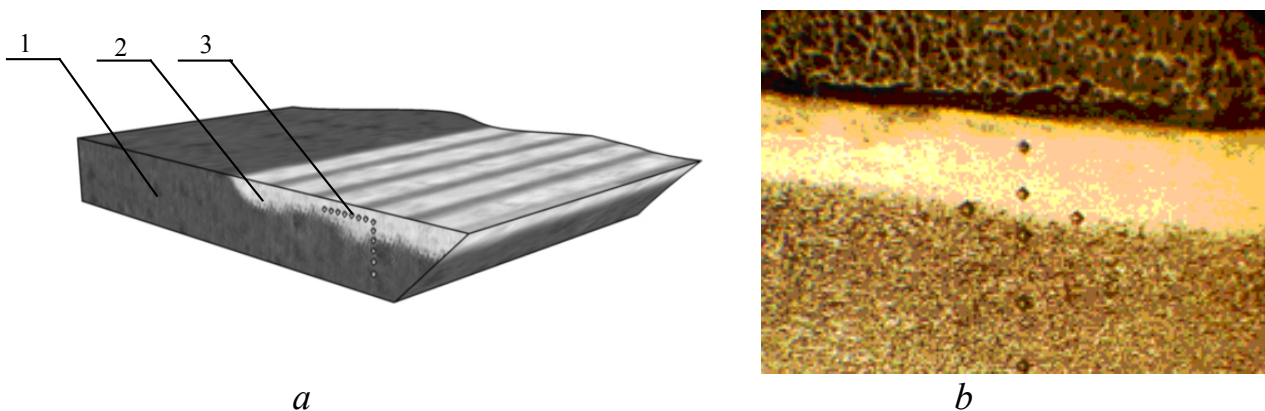
of stresses that results in deterioration wear-resistance are formed; the nonequilibrium white zone possesses low fatigue resistance». Here the same authors in the same work [41] emphasize: «the problem of white zone is rather actual and wide and demands statement of the further investigations for more detailed studying ... » (citing in author's translation from Russian).

The subsequent investigations of various authors testify to indefatigable temptation to use effect of white layer for the practical purposes. Here we shall note only some examples of successful promotion in this direction.

Questions of prediction and purposeful quality management of the processed surface under conditions of white layer formation are investigated by the European technological school [42-44]. In the Ukrainian-Polish Company «TRIZ» (Ukraine, Sumy) [45] white layer phenomenon is successfully used in technologies of repair of surfaces subjected to wear. Achievement of white layer microstructures during electroerosive processing of steel industrial equipment is considered as basic resource of strengthening [46]. At the Siberian University (Russia, Novokuznetsk) [47] even curing of fatigue damages of steels due to electric current pulses and practical technology based on this principle are justified on the basis of the mechanism of formation of local white zones in fatigue cracks.

Method of thermofriction strengthening of steel surfaces, using white layer phenomenon in real embodiments, relieved from the basic disadvantage quoted above on [41]: discontinuity flaw is completely eliminated and substantially – heterogeneity [48] is developed at Kharkov Polytechnic Institute.

Durometry of machined workpieces after thermo-friction processing indicates that its hardness over the range of fine near-surface layer with changed microstructure (so-called white layer, Fig. 4, [49]) can be significantly higher than in result of traditional technologies of thermal treatment [50-52]. Urgent problem is to explain the physical nature of this thermo-friction processing effect and from this position to propose appropriate method of finishing shaping in addition to thermo-friction processing in united technological routing. Researches with presented here received results are devoted to solution of this problem.



*a* – scheme of microhardness measuring: 1 – object of processing; 2 – layer with changed structure (white layer) ; 3 – dent of microhardometer;  
*b* – microstructure of cross -cut section (white layer is seen clearly), x250

**Fig. 4. Wood-working knife from steel 65Г after thermo-friction processing**





Diamond grinding with introduction of electric current pulses in zone of processing (diamond-spark grinding) allows both to independently form the strengthened white layers in steels [53], and to support such layers by means of finishing processing after preliminary thermoclash strengthening with increase of their uniformity [54], that holds with electropulse technologies [45, 46]. Results of research of influence of diamond-spark grinding on phase and stressed state of steels [53] are evidenced that control of quality of surface layer by means of combining of diamond grinding with sputter-ion influence can be more directional including control of forming of both structures of second heat hardening and structures of tempering then in traditional technologies. At that heat of machining surface is a little relative to thermo-friction and it is equivalent to influence of backing, especially under grinding without current and by preliminarily dressed wheel.

Availability of use of diamond-spark grinding on operations of finishing following after thermo-friction processing is confirmed of some practice of observation of white layer structures after diamond-spark grinding of steel [53] that can be explained exclusively thanks to action of electric discharges providing fast impulse heating of machined surface up to phase transformation temperatures. In electric contact patch maximum covering of machined surface in technologies of double speed diamond-spark grinding (with increased speeds of working motions of both diamond wheel and machined piece) it is to the point of melting and even to partial evaporating, with next enough quick cooling especially under influence of lubricoolant of efficient composition in combination with active technique of supply.

As it marked after known diamond-spark grinding experiment [53] just combination of high-speed and enough short-term heating with enough quick cooling can provide forming (even more so an effective support) of qualitative white layer in result of implementation of combined technologies.

Characteristics of white layer on working surface of wood-working knife blade from steel 65Г after thermo-friction processing and next operation (finishing by grinding and backing) are presented in the Table 3, [53].

X-ray metallography past thermo-friction processing steel pieces authenticates about appearance of additional phases in its surface layer. So, predominantly martensate structure of white layer in manganese steel 65Г and in carbon steel Y8A, together with small quantity of austenite and a number of ferric oxides, evidents of appearance of  $\epsilon$ -carbide ( $\epsilon$ -Fe<sub>3</sub>C) which is hypothetically responsible for high hardness of white layer.

This hypothesis also proceeds from probable smallness of individual  $\epsilon$ -carbide fragments. As such fragments there are identified discovered by electron-microscope investigation in near-surface layers of past thermo-friction processing steel, moreover on surface of martensate grains, particles of right geometric form with a size approximately 0.1 – 0.2  $\mu\text{m}$  [48], that practically is contiguous with nanometer excursion, in the case of upper bound of that is taken on a value 100 nm, and with transformation in which of structure of materials are been connected greatest successes of modern materials science.

In light of electron-microscope investigations [48] it is noteworthy that grains – carriers of this parts with size 0.1 – 0.2  $\mu\text{m}$  themselves are more roundish and greatly



smaller size (about 1–2  $\mu\text{m}$ ) than size of needled grains of martensite of parent (before thermofriction processing) texture. Latest research allowed to determine predominant component of white layer microstructure as deformed granular martensite.

Table 3

**Influence of thermo-friction processing (TFP), next finishing and backing on characteristics of steel 65Г (by example of wood-working knife)**

Characteristic		Before TFP	After TFP	After TFP and finishing	After TFP, finishing and backing	
Micro-hardness, MPa	Parent metal (average)	5300				
	White layer	Dispersion	-	8200 - 11200	9000 - 11000	9100 – 10100
		Moda	-	10000		
Micro-structure	Parent metal	Needled martensite				
	White layer	-	Deformed granular martensite	Deformed granular tempered martensite		
White layer depth, mm		-	0.54 – 0.60	0.45 – 0.55		
Surface roughness under Lc=0.25 mm, $\mu\text{m}$	Ra	0.2	1.82	0.22		
	Rq	0.32	2.38	0.42		
	Rz	1.4	7.0	0.7		

So it is proposed routing scheme of technological process of forming of strengthened surface of steel wares with established demands to accuracy and microgeometry of machined surface. The central link in considered technological approach is a thermo-friction method allowing to form in steels white layer with advanced microstructure and increased microhardness.

Diamond-spark grinding, especially high-speed processing with cooling, is active mean of support of white layer after thermo-friction processing. It is possible efficiently use diamond-spark grinding by combined control of electrical and mechanical operating modes taking into account technical requirements to accuracy and roughness, with short-term ironing sparking-out without current if necessary. Even more so that from the functional positions of strengthening surface sparking-out is considered on a par with such special operations as rolling and burnishing [55].

Execution of backing after finishing is mainly directed to increase of evenness of white layer stressed state, above all in thin surface working layers, and it that way to stabilization of strength properties of finished product, increase its reliability and safety into operation.



### 1.6. Systematic approach to rational diamond grinding

The use of diamond tools solves the problem of treatment the materials with high hardness but leaves open the correlative questions of controlling expenses of expensive superhard abrasive and the cutting ability of the wheels. The use of metal bonds possessing higher firmness and diamond keepingness comparing to the bonds on organic and ceramic basement let reduce the expenses of superhard grinding powders in the wheels (under the same conditions of cutting).

However the rise of the firmness of the bonds in the wheels leads to the change of the character of the self-formation of their cutting relief, exactly to the wear of the more extent of the particular cutting grains in consequence of their more continuous work in the wheel to the falling out from the bond and that is to the quicker blunting of the tool in the whole. The main contents of the problem of controlling the cutting ability of the diamond-abrasive tool accordingly changes from the questions of self-sharpening to the questions of dressing.

The use of technologies of diamond-spark grinding and electroerosion dressing based on the putting the additional energy into the zone of grinding (dressing) in the form of electric discharges helps solving the contradictions between cutting ability of diamond wheels on metal bonds, firmness of this bonds, productive abilities and economy of the grinding process [1].

Decrease of power-consuming of exactly grinding and rise of energy-conversion efficiency of the work of chip forming is the most important advantages of diamond-spark grinding comparatively to the usual one (Table 4).

**Table 4**

#### **Ordinary (DG) and electroerosion (DSG) cylindrical diamond grinding of hard alloy BK6 (wheel 1A1 200x10x5 AC6 4, DSG with unipolar generator BF-3B)**

Adjusted productivity, mm <sup>3</sup> /min	Longitudinal feeding, m/min	Crosscut feeding, mm/double stroke	Grain of grinding powder, μm	Energy-conversion efficiency of chip forming work, mm <sup>3</sup> /kJ	
				DG	DSG
1000	0.5	0.02	125/100	16.7	23.8
			250/200	13.6	26.7
	1.0	0.01	125/100	13.9	23.0
			250/200	14.2	29.0
2000	1.0	0.02	125/100	9.3	12.3
			250/200	8.6	13.9

The expenses of energy on the cutting of the metal decrease mostly in consequence of reduction of losses on friction of bond of wheel with work part and chips owing to the fact that flaring of cutting grains at the bond level is operated by electric regimes of grinding (dressing). In the result the high sharpness of the diamond wheel is supplied and supported, the resilient transpositions of the technological system's elements is decreased, real productivity of processing is not



almost differ from nominal (accounting) defined by regimes of cutting including highly productive grinding with increased depths.

The perfection of the method and equipment of electroerosion diamond-abrasive processing on the self-base with fuller use of possibilities of combining of working processes by development and mastering the technologies and machine-tools of double speed grinding (with increasing speed of feeding of processed work parts) let appreciably decrease the installed power of electric motor of drive of the main movement and summary – for example with installed power of all electric motors of 15.6 kW for the machine-tool 3K227BP (prototype) to 10.1 kW for the machine-tool 3M227BЭPФ2, Saratov Grinding Machine Plant, Russia – when keeping and improvement of output technological indices of productivity and quality of machining.

For example, the transition to the removal of allowance by an array of shavings with an increased length and at the same time thinned, more lightly chopped and removed, with an increase from 0.5 m/s to 5.0 m/s of the speed of workpieces from ЮНДК24Т2 magnetically hard material and BK8 & BK15 hard alloys under unchanged other grinding modes can improve the grinding performance of these hard-to-work materials in 1.14 – 1.45 times, and the tool life between dressings in 1.4 – 3.3 times (Table 5).

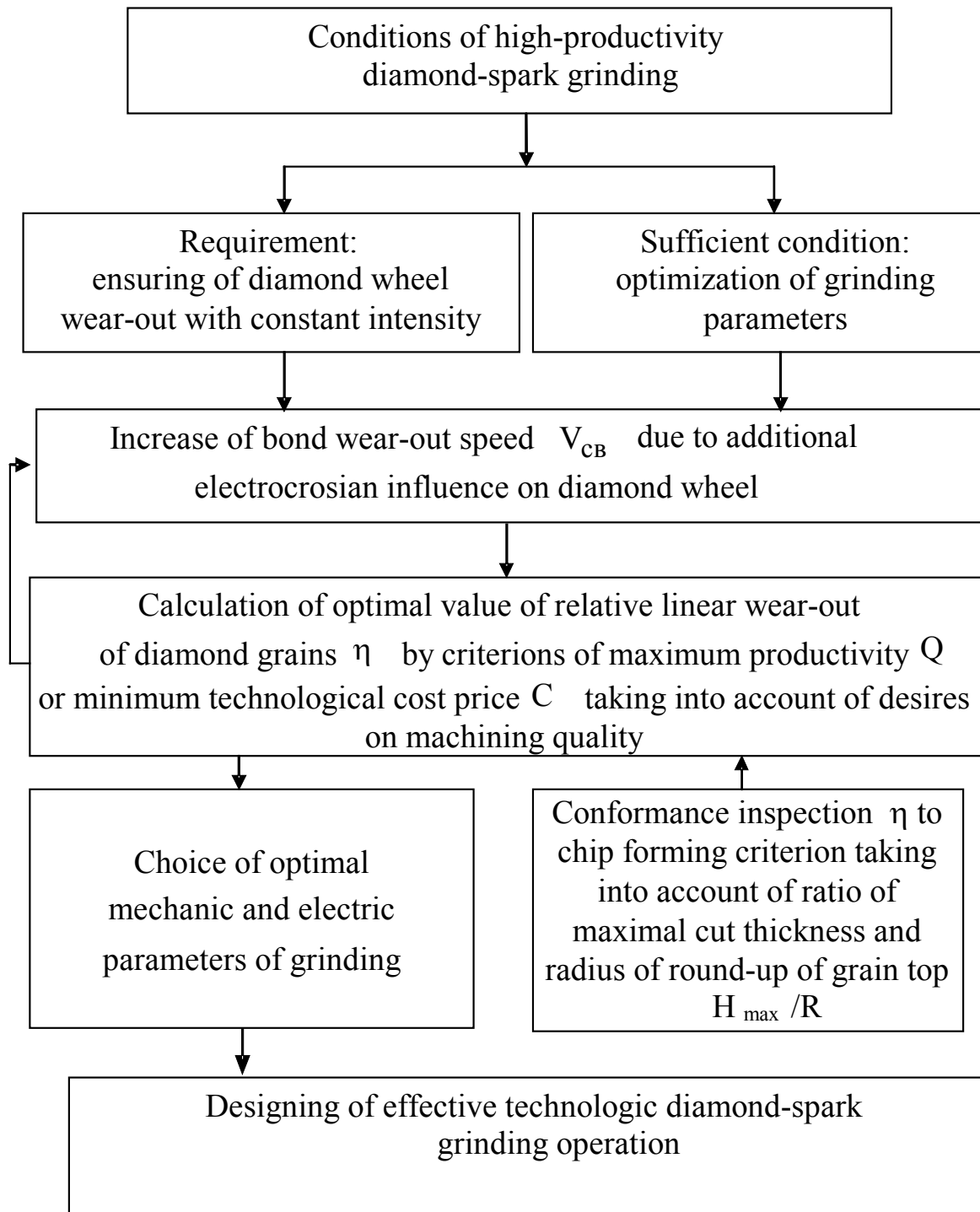
Table 5

**Possibilities of diamond-spark grinding with increased speed of workpiece  
(wide-range pulser ШГИ 40-440, mode 22 kHz)**

Processed material	Diamond wheel brand characteristic and speed		Grinding productivity, mm <sup>3</sup> /min		Tool life between dressings, min	
	Brand characteristic	V <sub>кп</sub> , m/s	0.5 m/s	5.0 m/s	0.5 m/s	5.0 m/s
BK8	1A1 40x10x3x16 AC15 125/100 M2-01 4	25.0	180	205	30	99
BK15	1A1 25x10x3x12 AC15 315/250 M2-01 4	17.5	115	150	87	123
ЮНДК24Т2	1A1 25x10x2x6 AC6 100/80 M2-01 4	14.0	55	80	48	72

Structural scheme of the optimal choice of diamond-spark grinding conditions is presented in the Fig. 5.

In spite of the fact that, the use of electroerosion technologies of diamond grinding allows to solve the problem of forming of electroconductive hard processed materials, as it follows from mass practice, saturation of cutting zone of electro-dischargen process above level required for support cutting relief regeneration, provided for stable processing productivity with sufficientness, calls unwell-founded



**Fig. 5. Structural scheme of the optimal choice of diamond-spark grinding conditions**

expenses both energy resources and superhard abrasives, additional material expenses. High-rise wheel work surface relief reduces probability of keeping of diamond grains in bond under action of work contact loading, and so the mean number of separate acts of microcutting for every from its reduces also. Therefore, level of diamond wheel relief sharpness, which rise and support are the general physical purpose of grinding combining, can be excessive when wheel work surface real relief height exceeds the depth of real introduction into it on the side of processed material ( $b_{max} > H_{max}$ ,  $b_{max} = H_{max} + \Delta$ , see Fig. 1) made conditional on kinematic-

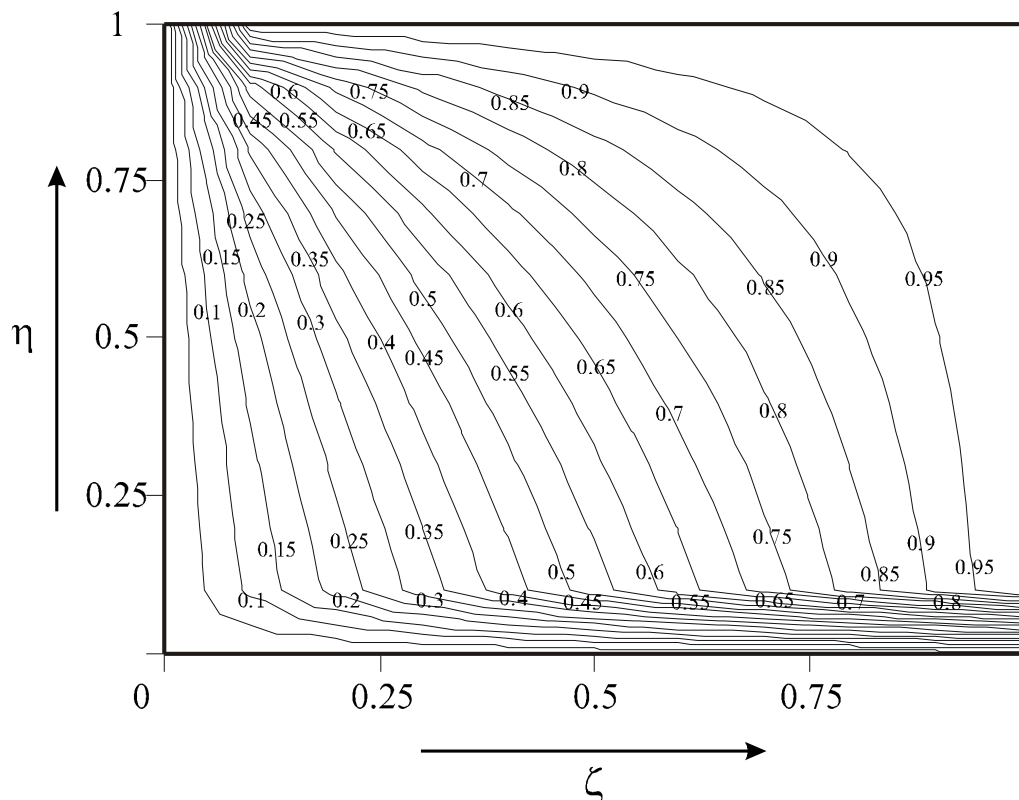


geometrical and physical contact conditions.

Under exploitation of potentialities of superhard abrasives, its increased relative expense follows after decrease of number of cutting grains on the work surface of wheel in compliance with lessening  $\zeta = H_{\max} / b_{\max}$  (Fig. 6).

It is determined by research of grinding model [2] that stabilization of diamond grinding process in time needs in observance of condition  $V_{cb} = V_{sep} / \eta$ , where  $V_{cb}$  and  $V_{sep}$  are linear speeds of wear-out of wheel bond and grains accordingly;  $\eta = X / H$ , where  $X$  is average wait of real linear wear-out for the maximum advanced grain,  $H$  – maximal probabilistic thickness of cut (Fig. 1).

The use of diamond-spark grinding technological method under correct setting of electric regimes in conditions of statistically stable characteristic of electric resistance of cutting zone medium allows to autoregulate process of forming of wheel work surface with height  $b = H + \Delta$  called for stabilization of cutting contact. Autoregulate mechanism “engages” stable activation of electro-dischargen process into cutting zone medium, as well to any another relatively dielectric medium, on reaching of some value of spark gap, between surfaces of work part allowance and wheel bond in this case.



**Fig. 6. Ratio of number of cutting grains to total number of grains on the work surface of grinding wheel in system  $\eta$  &  $\zeta$**

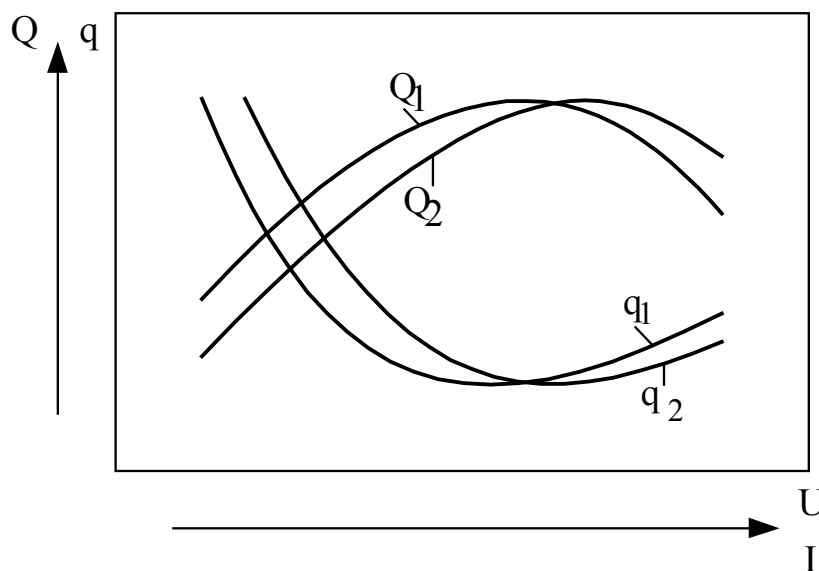
Preliminary wheel correcting is designed to work relief start height no lower of this one value of spark gap between surfaces of work part allowance and wheel bond should be preceded to the first technological operation with adjusted productivity of



diamond-spark grinding under posterior validity of criterion  $V_{ce} = V_{sep} / \eta$  in processing, one-pass (when individual production) or multiple (when repetition work), at the last case down to full exhaust of diamond-contained layer during the sum operation time  $T = S / V_{ce}$  represented complete continuous (without intermediate autonomous correcting) wheel resource ( $S$  – thickness of diamond-contained layer).

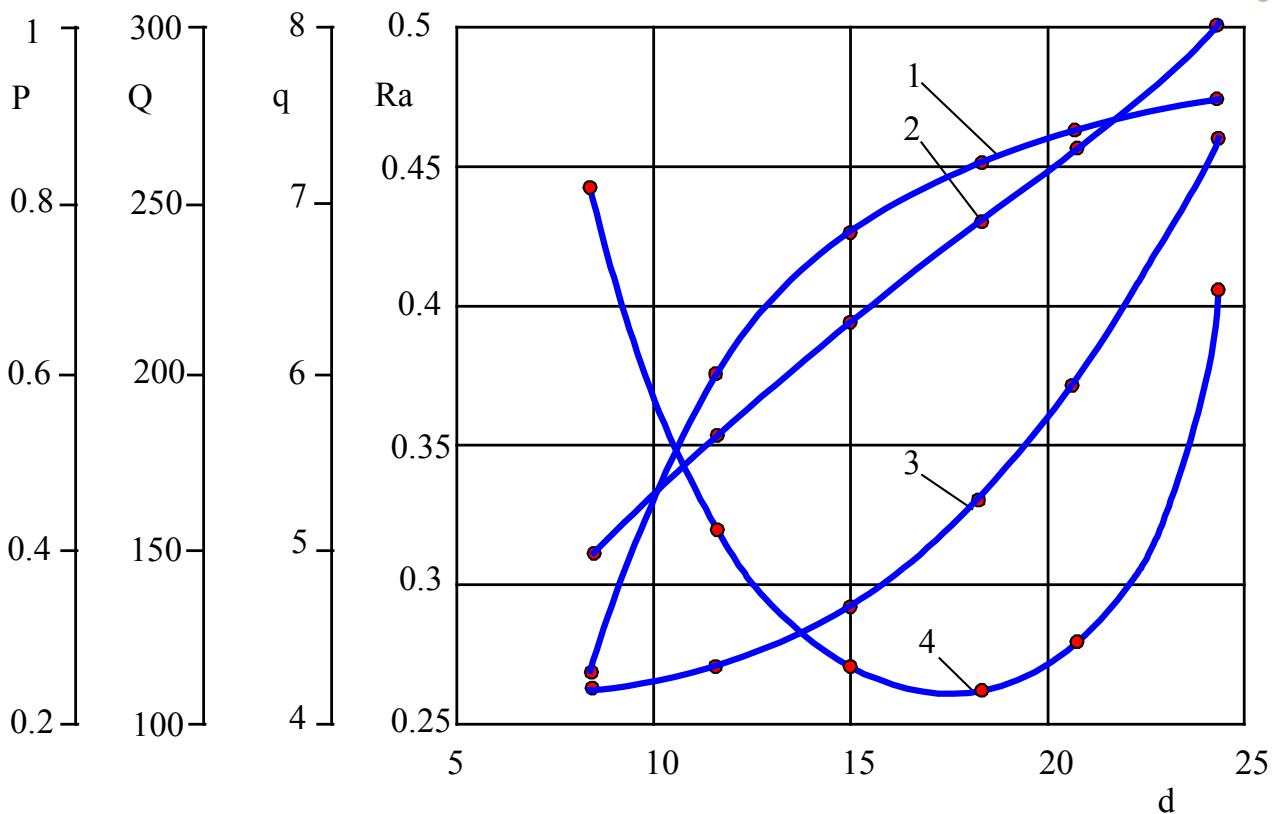
It is position of minimization of superhard abrasive expense and maximization of wheel cutting resource simultaneously, increase of energy-conversion efficiency of chip forming work by exclusion of a friction of bond of wheel with work part allowance surface.

As the theory and practice of diamond-spark grinding shows the extreme indices of processing productivity and bluntness of cutting grains up to falling out from bond of wheel [56] at that the specific consumption of diamonds takes minimum (Fig. 7). The same character of change has a dependence “cost price – productivity” that permits to develop and operate really optimum technologies of diamond-spark grinding.



**Fig. 7. Appearance of dependences of processing productivity ( $Q$ ) and specific consumption of diamonds ( $q$ ) from electric potential ( $U$ ) and current strength ( $I$ ) of electric impulses under diamond-spark grinding of wheel on bonds with different erosian durability ( $KP1 < KP2$ ;  $KP$  – index of erosian durability)**

Developed approach is verified by experience of processing of high-strength plastic materials that are wearproof fused surfacings and coverings, high-speed and stamp steels, other hard-machining materials; see the example in the Fig. 8 for conditions: processed material – chrome-vanadium steel X3Φ8; wheel – 1A1 250x15x5 AC6 100/80 M2-01 4; processed regimes – current strength 5a, cutting rate 35 m/s, longitudinal feeding 10 m/s, crosscut feeding 3.3 mm/double stroke [57].



**Fig. 8.** Example of experimental dependences of cutting power ( $P$ , kW), processed productivity ( $Q$ ,  $\text{mm}^3/\text{min}$ ), specific consumption of diamonds ( $q$ , mg/g) and surface roughness ( $R_a$ ,  $\mu\text{m}$ ) of X3Φ8 steel from diamond-spark grinding depth ( $d$ ,  $\mu\text{m}$ ): 1 –  $Q$ , 2 –  $P$ , 3 –  $R_a$ , 4 –  $q$ .

### Conclusions

Model of steady in time grinding process realized by means of tools with working part as a binding matrix with abrasive grains located in it in random manner, for example, diamond grains, is observed.

Levels of interrelation of deterioration of abrasive grains and bond of a wheel are allocated and determined during steady grinding.

Representation of wheel cutting relief stability is retention of nonvarying its height above a level of the bond. Representation of grinding stability is retention of nonvarying maximal thickness of cut by single grains of wheel working surface in the prescribed system of kinematic-geometrical conditions (modes) of grinding, which determines processing productivity.

Mathematical formulation of basic characteristic correlation of stability wheel cutting relief and grinding processing is proved on example using the uniform law of distribution of grain heights above a level of the bond after its removal. Received formulation is invariant of a grain form. In general case of grain wear process in tribo- and cutting contact to a material to be machined the considered model presumes also uniform (with constant or medium integral speed) wear of grains in the direction of normal to nominal wheel working surface (cylindrical at grinding by wheel periphery, flat one – at grinding by end surface).

The presented grinding model, its rationale and research by condition (1) and the resulting relation (2) allowed to analytically determine the feasibility of stability of





the characteristics of the cutting relief of the working surface of the wheel during processing, which in turn is a necessary content of the stability of the process itself.

Accordingly in organizational - technological tasks of large-quantity production with the set productivity the maintenance of effective value of a wheel resource can be considered as the necessary decision of all complex of the grinding wheel characteristics formed at a stage of its manufacture and determining a range of a possible variation by the norm of lowering the level of the bond from electroerosive destruction according to the completeness of using the cutting potential of diamond grains (degree of wear before falling out of the bond).

In this connection determination and consideration of rational ways of management by wheel resource in steady processes of grinding in a context of the submitted research it is necessary to begin with corresponding coordination of diamond-abrasive tool designing with designing of technologies and technological systems using them.

The received results are applied in the settlement models concerning to problems of rational use of diamond grinding wheels in combined processes of grinding, based on controlled introduction in a zone of cutting of electric discharges (diamond-spark grinding).

Submitted materials generalizes on the one hand theory of kinematic-geometrical simulation of grinding processes by means of tools with working part as binding matrix with abrasive grains located in it in random manner, for example diamond grains, and on the other hand practical performance of combined grinding process, based on introduction of additional energy as electric discharges and called by the organization-developer (Kharkov Polytechnic Institute) «diamond-spark grinding» as applied to processing by means of diamond wheel. Implementation of diamond-spark grinding technologies on the basis of developed generalized theoretical approach allows to use the tool with prescribed tool-life, moreover to make the most efficient use of it up to full exhausting of tool-life, determined by diamond-bearing thickness.

The application of electroerosion technologies of diamond grinding lets solve the problem of universalization of control of grinding of hard processed materials. The right choice of mechanical and electric regimes of combined processing allows for stable support both high (maximum) productivity and high (maximum) use of cutting potential of diamond grinding powders in wheels.

Electrophysical features of diamond-spark grinding provide an opportunity to increase the efficiency of operation of the tool with metal coating of superhard abrasive grains which includes ultra-dispersed diamonds to increase the functional reliability through the preservation of the integrity of the original grains during compaction and sintering of diamond-metal composites. These features allow intensify the liberation of superhard basis of cutting grains from metal coating, which carried out its provisional protective function. This is done by deactivating of ultra-dispersed diamonds locations as the centers of increased wear resistance which increase the resistance to the coating stripping. The nature of these opportunities is the electric, and is contained, firstly, in an intensification of density of the electric field around the non-conductive hollow nanoparticles of the ultra-dispersed diamonds



that promotes to electrodischarge attack and post-discharge mechanical deformation and destruction of these nanoparticles. Secondly, it is permissible to perform a short electrical pulse heating with sufficient power and duration to graphitization of ultra-dispersed diamonds shells that suppresses its wear resistance.

Diamond-spark grinding, especially high-speed processing with cooling, is active mean of support of white layer after thermofriction processing. It is possible efficiently use diamond-spark grinding by combined control of electrical and mechanical operating modes taking into account technical requirements to accuracy and roughness, with short-term ironing sparking-out without current if necessary.

Development of diamond-spark grinding method, equipment and technologies is part of the modern arsenal of scientific and technical progress, continuing to draw attention of theoretical researches and practice of the industry according to newest opportunities of advanced science and advanced manufacture.

Development is directed forward computer-aided manufacturing.



## CHAPTER 2.

### IMPROVING THE PERFORMANCE OF OPEN-TYPE ADSORPTIVE CONVERTERS OF HEAT ENERGY FOR HEATING INFLOW AIR

DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-037

#### Introduction

Increasing the cost of primary fuels and, as a consequence, increasing tariffs for heat supply, requires measures to be developed to improve the energy efficiency of thermal units, and to enhance the full utilization of all possible energy resources, including low-grade ones. Under these conditions, a promising technical solution is adsorption heat converters. In the Netherlands, a solar installation for heat supply of residential premises has been developed with an adsorption module [1]. Zeolite and silica gel were tested as the heat-accumulating material along with salts. At the same time, the performance of the adsorption modules for the absorption, storage or conversion of thermal energy is strongly determined by the adsorption properties of the adsorbents used, in particular, by the maximal adsorption and the regeneration temperature.

The use of adsorbents in residential heating, air conditioning and ventilation systems has been proposed in recent decades [2, 3]. For example, silica gel or zeolites were proposed as adsorbents [4]. However, their regeneration temperatures exceed 100°C [4]. The lower regeneration temperature of 60 – 100°C was exhibited by silico-aluminum phosphates [5], but their sorption capacity is about of 0.25 g/g [5], which obviously requires a large mass of adsorbent to cover the heat load under conditions of heat supply and ventilation systems and as a consequence to a large volume of adsorptive unit.

The working pairs of  $\text{CaCl}_2 - \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SrBr}_2 - \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{S} - \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 - \text{H}_2\text{O}$  could be promising for thermal energy accumulation, allowing to realize the energy storage density of 1.9 – 2.7 GJ/m<sup>3</sup> of crystalline hydrate [1]. However, their application is strongly limited by the physical and chemical instability, as well as the corrosive activity of these salts at high temperatures, along with the instability when manifold cycled, degradation over time, and poorly developed heat transfer surface. For example, irreversible hydrolysis of magnesium chloride when operated an open-type adsorption device at elevated temperature forced it to be replaced by zeolite 13X. These problems are typical of any massive salt.

More advanced materials are composite adsorbents of the type ‘salt in the porous matrix’. Such materials can be considered as promising materials not only for the accumulation and transformation of thermal energy in heat supply systems, but also as water buffers in ventilation systems. Thus, the adsorption regenerator of heat and moisture based on the composite SWS-1A (calcium chloride impregnated aluminum oxide) exhibits better performance, in particular, compared to devices based on traditional silicon dioxide or aluminum oxide [7]. In this regard, attempts to improve the adsorptive heat-storage materials are focused mainly on the choice among the existing adsorbents [1], or the synthesis and study of composite sorbents ‘salt in the porous matrix’ due to the increased adsorption capacity to conventional process fluid [8], as well as stabilization of salts due to the distribution in the porous



matrix [9].

Despite the promises of composites such as 'salt in a porous matrix' for the absorption, storage and conversion of thermal energy in heat supply and ventilation systems [10, 11], the wide commercialization of such devices is strongly limited not only by expensive and sophisticated impregnation technologies that do not always allow the adsorbent to be obtained from the adsorbent with maximal adsorption which exceed 0.5 kg/kg. Obviously, it results in high volumes of adsorption units to supply required thermal load.

Also, the transition from the laboratory prototype to the installation for practical use in heat supply systems requires a mathematical model that allows evaluating the efficiency of the device basing on all stages of operation of the device. At the same time, most mathematical models are limited only by the processes of heat and mass transfer in the process of adsorption, that is, the discharge of the heat storage device, which does not allow giving an integral characteristic of its efficiency [12, 13]. Similar algorithms have been developed mainly for capacitive devices [14]. Therefore, it becomes urgent to develop an algorithm for calculating the operational characteristics of the adsorption heat energy storage device.

In connection with the above, a comprehensive research aimed at studying the operational characteristics of the adsorption battery of heat energy and developing a mathematical model of the operation of this device is necessary.

The aim of present work is to find out the ways to improve the performance of the adsorptive device for thermal energy conversion based on the composite 'silica gel – sodium sulphate'. To achieve this goal, the following tasks were set:

- to develop an algorithm for calculating the operational parameters of the adsorptive heat energy converter;
- to find out the correlation of the adsorbent characteristics, the parameters of the operating processes and the efficiency of the adsorptive heat conversion unit on the basis of the composite 'silica gel – sodium sulphate';
- to determine the technological parameters which correspond to the most efficient operating this device.

As a consequence, original researches of the authors focused on the task of enhancement of efficiency of adsorptive heat energy conversion are analyzed in present work.

## **1. Experimental**

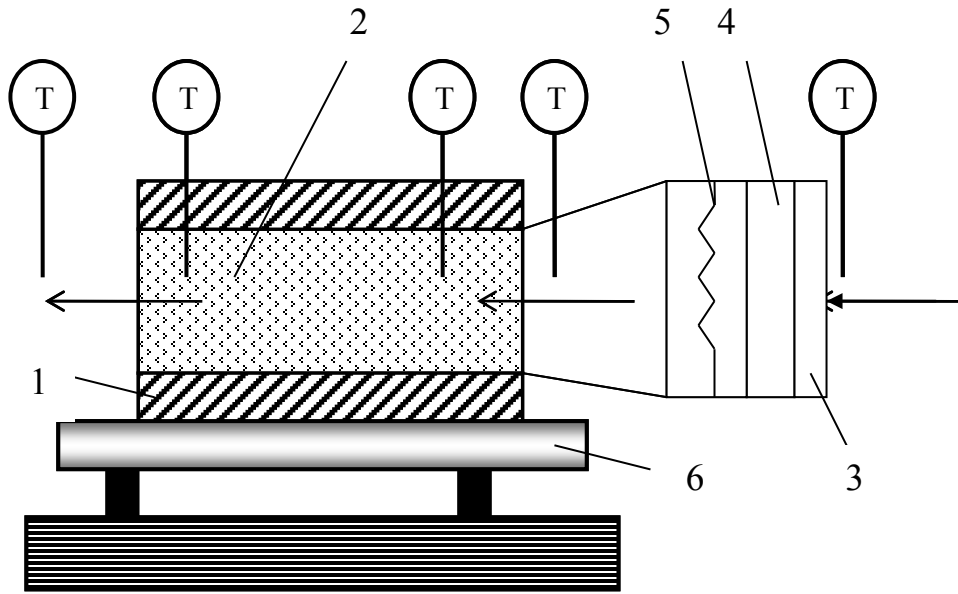
### ***2.1.1 Adsorptive heat storage device***

In present work the operational processes of an open-type adsorptive device for heat energy storage which heats the cold inflow air are considered. The design of an open-type adsorptive heat storage device is shown in Fig. 1.

The device is operated according to the two-stage mode, i.e. alternating the discharge (adsorption) and charge (adsorbent regeneration, i.e. desorption). Water is used as the working fluid. In the first stage, the ambient air is fed by the compressor 3 into the humidifier 4, where its relative humidity increases to 30– 80%. Then the humid air is heated by an electrical resistive heating unit 5 to a temperature of at least 30°C. Then, the humidified air passed through the adsorbent layer and water is



adsorbed from the air, which is fed into the heat storage material, it being an exothermic process that promotes the temperature rise of both the heat storage material and the air.



**Fig. 1. Open-type adsorptive heat storage device.**

1 – insulated case; 2 – heat storage material; 3 – compressor; 4 – humidifier; 5 – resistive heating unit; 6 – balances [15].

The air temperature at the outlet of the heat storage device rises to 90 – 115 °C. The second stage, that is, the regeneration of the adsorbent, occurs by supplying hot air, which leads to the heating of the adsorbent to temperatures not lower than 90°C, and, as a consequence, to desorption.

Having been considered operation steps of heat storage device, the next algorithm have been suggested (Fig.2).

Efficiency coefficient ( $\eta$ ) is proposed to be calculated as % [15]:

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_{in}} \cdot 100 \quad (1)$$

where  $Q_u$  is useful heat (sorption heat), kJ:

$$Q_u = \dot{M}_{ads} \cdot \Delta H_{ads} \quad (2)$$

where  $M_{ads}$  is an adsorbent mass, kg;  $\Delta H_{ads}$  refers to an adsorption heat, kJ/kg;  $Q_{in}$  is heat input, kJ:

$$Q_{in} = Q_{des} + Q_{ads}^h + Q_{cas}^h + Q_w^h + Q_{s.w.}^h + Q_w^{ev} \quad (3)$$

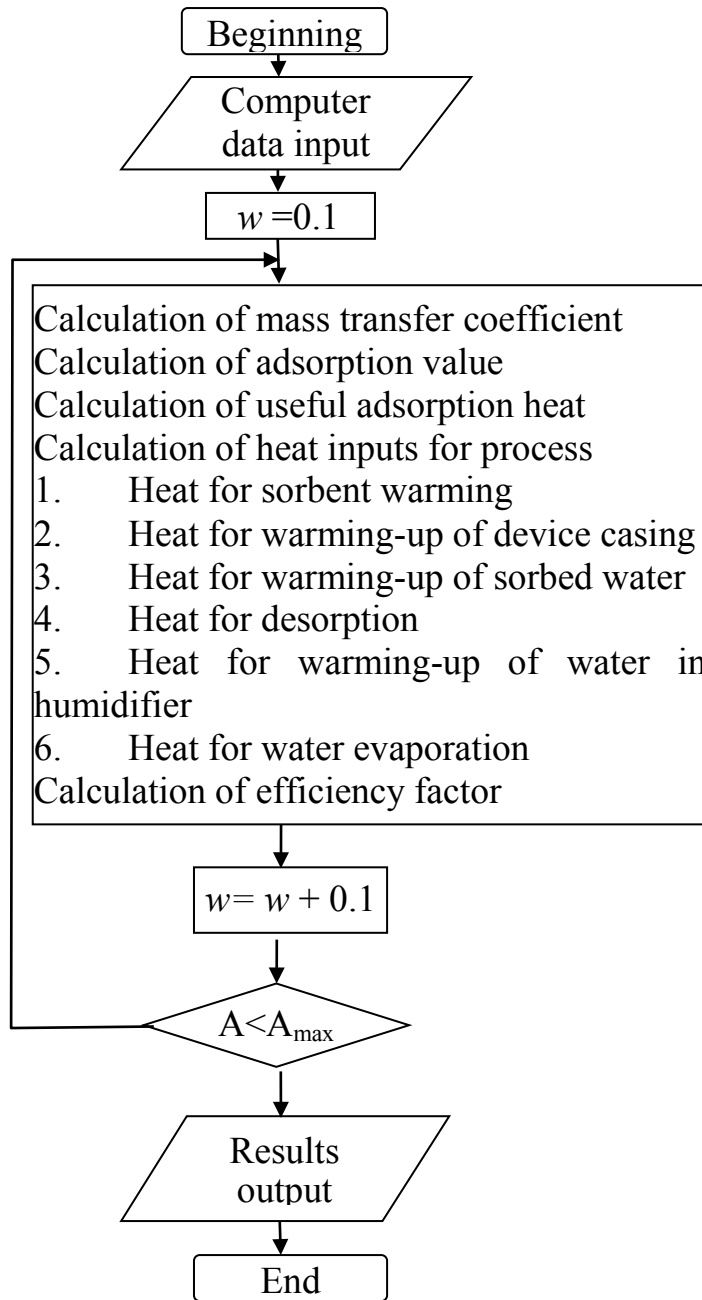
where  $Q_{des}$ ,  $Q_{ads}^h$ ,  $Q_{cas}^h$ ,  $Q_w^h$ ,  $Q_{s.w.}^h$ ,  $Q_w^{ev}$  are heat inputs for desorption, heating of adsorbent, device casing, water in the humidifier, adsorbed water, water evaporation, kJ.

Heat quantity for warming of materials and device components  $Q$  is calculated by common formula:

$$Q = M \cdot C \cdot \Delta t \quad (4)$$



where  $M$  is mass of material or device component, kg;  $C$  is specific heat of material or device component, kJ/kg·K;  $\Delta t$  refers to difference between regeneration temperature and environment temperature, °C.



**Fig. 2. Control-flow chart for calculation of efficiency factor of sorptive heat storage device.**

Heat inputs for water evaporation are estimated by the next formula:

$$Q_w^{ev} = M_w \cdot \Delta H_{ev} \tag{5}$$

where  $M_w$  is a mass of evaporated water, kg;  $\Delta H_{ev}$  is a heat of evaporation, kJ/kg.

The influence of air-vapor flow rate on efficiency factor is taken into account by coefficient  $A$  showing adsorption value, kg/kg. This coefficient is used for heat costs for desorption

$$Q_{des} = \Delta H_{des} \cdot M_{ads} \cdot A, \tag{6}$$

and for heating of adsorbed water:



$$Q_{ads.w.}^h = M_{ads} \cdot A \cdot C_w \cdot (t_{reg} - t_{env.}) \quad (7)$$

where  $\Delta H_{des} = 2850$  kJ/kg is heat of desorption,  $M_{ads}$  is a mass of adsorbent, kg,  $C_w$  refers to specific heat of water, kJ/kg·K,  $t_{reg}$  and  $t_{env.}$  are temperatures of regeneration and environment, °C.

Airflow can be moistened with ultrasonic humidifying. At that, operational inputs can be calculated as follows:

$$Q_{in} = Q_{ads}^h + Q_c^h + N \cdot \tau + Q_{des} + Q_{ads}^w, \quad (8)$$

where  $N$  refers to the electric power of ultrasonic humidifier, kW;  $\tau$  is time of its operating, s.

Adsorption value is calculated by formula [15]:

$$A = \frac{C_0 - C}{M_{sor}} \cdot V_{air} \quad (9)$$

where  $V_{air}$  is air volume:

$$V_{air} = F_{hs} \cdot w \cdot \tau, \text{ m}^3; \quad (10)$$

$F_{hs}$  is cross-section area of heat storage device,  $\text{m}^2$ ,  $w$  is air-vapor flow rate, m/s,  $\tau$  is sorption time, s,  $C_0$  and  $C$  are inlet and outlet concentration of air-vapor flow,  $\text{kg}/\text{m}^3$  [15]:

$$C = \frac{C_0}{e^{\frac{[\beta \frac{(-\tau \cdot w \cdot C_0) + H]}{A_{max}}]}{w}} + 1}, \quad (11)$$

where  $H$  is heat storage device height, m,  $A_{max}$  is maximal adsorption of adsorbent, kg/kg;  $\beta$  refers to mass transfer coefficient,  $\text{s}^{-1}$ , calculated by [12]:

$$\frac{1}{\beta} = \frac{1}{\beta_y} + \frac{1}{\beta_p} + \frac{1}{\beta_{c.s.}}, \quad (12)$$

where  $\beta_y$ ,  $\beta_p$  and  $\beta_{c.s.}$  are mass transfer coefficients for gas phase, pores and coplanar stirring,  $\text{s}^{-1}$  [15].

Water mass supplied to the adsorbent layer can be calculated according with maximal adsorption:

$$M_w = A_{max} \cdot M_{ads} \quad (13)$$

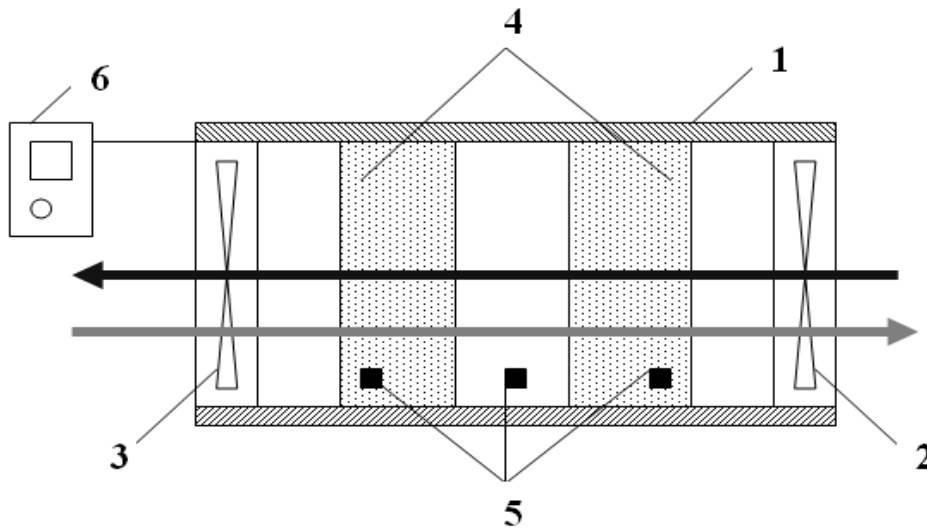
or computed as with product of air volume passed through heat storage material  $V_{air}$  and absolute humidity of air flow at the inlet of adsorbent layer  $C_0$ :

$$M_w = V_{air} \cdot C_0. \quad (14)$$

### 2.1.2 Adsorptive regenerator of heat energy

Design of the adsorptive heat-moisture regenerator is given in Fig. 3 [9].

The diameter and the length of laboratory prototype are 0.2 m and 0.6 m, respectively. The device works in two-phase mode which involves 'inflow' and 'outflow' stages alternating one to another [15]. The outer and inner ends of studied device are considered as cold and warm. When outflowed, air is intaken by ventilator 3 and released into ambient medium. This leads to warming the heat storage material



**Fig.3. Adsorptive heat-moisture regenerator design**

1 – pipe (case); 2 – external ventilator; 3 – inner ventilator; 4 – heat storage material; 5 – temperature detector; 6 – operating console [15].

4 by ‘outflow’ air up to necessary temperature of inner premise. During ‘inflow’ stage, ventilator 3 is switched off and ventilator 2 is switched on, ambient air being intaken and got through adsorbent into premise. When passed through the adsorbent layers, air is heated, water excess being adsorbed. So, premise ventilation occurs, temperature and humidity of internal air being kept constant.

Algorithm for calculation operating parameters of adsorptive regenerator is proposed [16]. As efficiency criterions of adsorptive heat-moisture regenerator temperature efficiency factor  $\eta_{\text{tem}}$  and moisture efficiency factor  $\eta_{\text{hum}}$  were used, i.e. heat and moisture regeneration coefficients. Control-flow chart of suggested algorithm is given in the Fig. 4.

Algorithm includes calculation of the temperature efficiency factor according to [16]:

$$\eta_{\text{tem}} = \frac{t_{\text{inf}} - t_{\text{ext}}}{t_{\text{out}} - t_{\text{ext}}}, \quad (15)$$

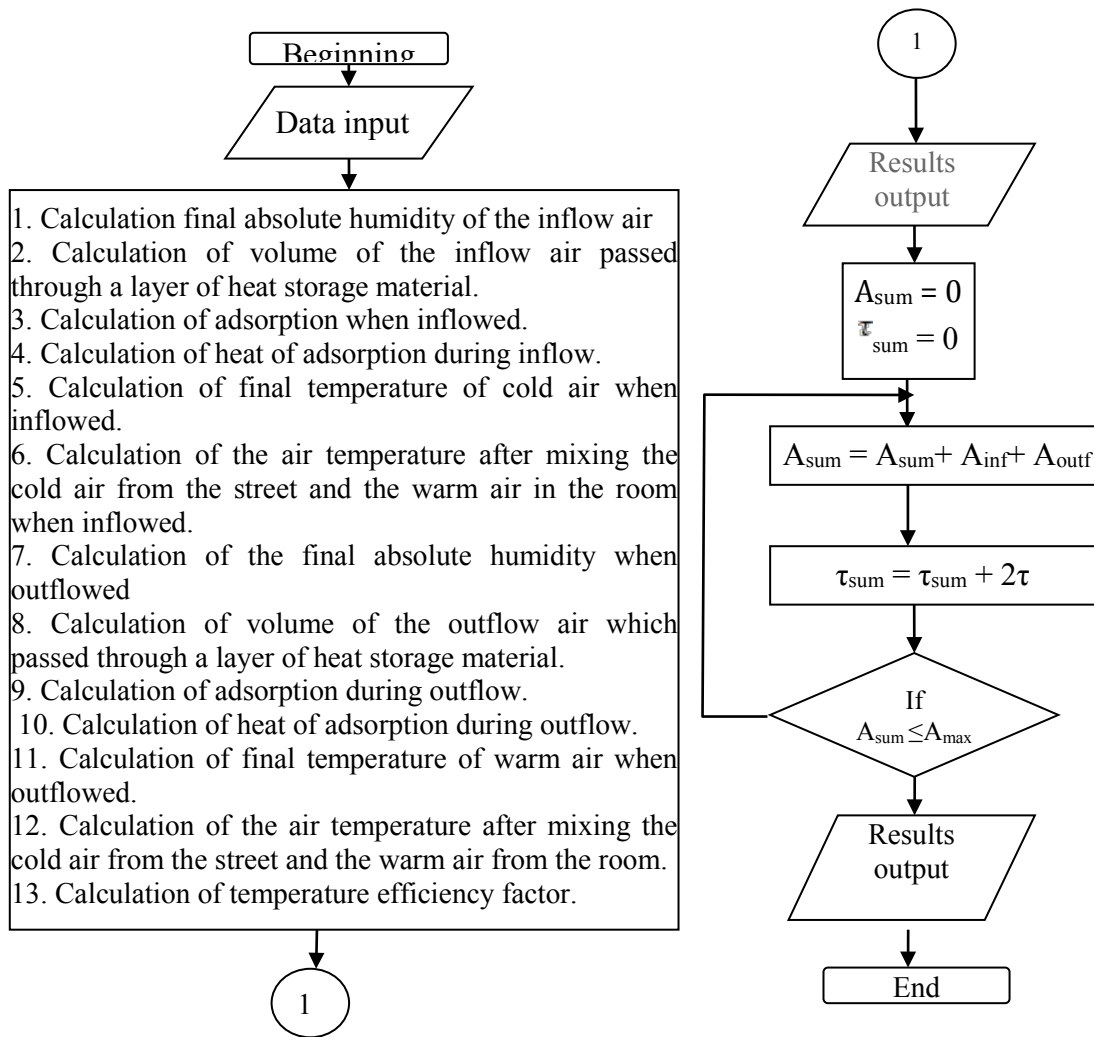
where  $\eta_{\text{tem}}$  refers to the temperature efficiency factor or heat regeneration coefficient;  $t_{\text{inf}}$  corresponds with temperature of inflowing air, °C;  $t_{\text{ext}}$  is the temperature of external air;  $t_{\text{out}}$  refers to the temperature of outgoing air.

Temperature of inflowing air is suggested to be calculated as a temperature after mixing the cold air from the street and the warm air in the room during inflow [16]:

$$t_{\text{fin.r.aft.mix.}} = \frac{V_r \cdot t_{0r} + V_{\text{inf}} \cdot t_{\text{fin.r}}}{V_r + V_{\text{inf}}}, \quad ^\circ\text{C} \quad (16)$$

where  $t_{\text{fin.r.aft.mix.}}$  is a temperature after mixing the cold air from the street and the warm air in the room during inflow, °C;  $V_r$  is volume of premise,  $\text{m}^3$ ;  $t_{0r}$  refers to initial air temperature at the room outlet (warm end), °C;  $t_{\text{fin.r}}$  is final temperature of the inflowing cold air, °C.





**Fig. 4. Control-flow chart for calculation of efficiency factors of adsorptive regenerator**

Final temperature of cold air-in is calculated according to equation of thermal balance [16]:

$$t_{fin,r} = \frac{(C' \cdot t_{ostr} \cdot V_{inf} + 4.19 \cdot t_{ostr} \cdot V_{inf} \cdot C_{0,str} + \Delta H_{ads,inf} \cdot M_{ads})}{(C' \cdot V_{inf} + 4.19 \cdot V_{inf} \cdot C_{fin,r})} \quad (17)$$

where  $t_{fin,r}$  is final temperature of cold inflowed air, °C;  $C'$  refers to volumetric specific heat of air,  $\text{kJ/m}^3 \cdot \text{°C}$ ;  $t_{ostr}$  corresponds with temperature of external air (near the cold end of regenerator), °C;  $V_{inf}$  is volume of the inflow air passed through a layer of heat storage material,  $\text{m}^3$ ;  $C_{0,str}$  is initial absolute humidity at the cold end of the regenerator,  $\text{kg/m}^3$ ;  $\Delta H_{ads,inf}$  is the heat of adsorption during inflow,  $\text{kJ/kg}$ ;  $M_{ads}$  – mass of adsorbent,  $\text{kg}$ ;  $C_{fin,r}$  is final absolute humidity for the inflow,  $\text{kg/m}^3$ .

The volume of air passed through the layer of adsorbent during the inflow or outflow,  $V_{inf}$  or  $V_{outf}$ ,  $\text{m}^3$  is determined according to Eq.(10).

The temperature of the outflowing air is calculated as the temperature after mixing the cold air from the street and the warm air from the room under the outflow stage [16]:



$$t_{fin.str.aft.mix.} = \frac{V_{str} \cdot t_{0.str} + V_{outf} \cdot t_{fin.str}}{V_{str} + V_{outf}}, \quad ^\circ\text{C} \quad (18)$$

where  $t_{fin.str.aft.mix.}$  is temperature after mixing the cold air from the street and the warm air from the room when the outflowed,  $^\circ\text{C}$ ;  $V_{str}$  refers to volume of air at the outside end of the regenerator,  $\text{m}^3$ ;  $t_{0.str}$  is the initial temperature of the outside air when ejected from the room,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_{fin.str}$  corresponds with final temperature of warm air during outflow,  $^\circ\text{C}$ .

Final temperature of outflowing air is calculated by thermal balance equation [16]:

$$t_{fin.str.} = \frac{C' \cdot t_{or} \cdot V_{outf} + 4.19 \cdot t_{or} \cdot V_{outf} \cdot C_{or} + \Delta H_{ads.outf} \cdot M_{ads}}{C' \cdot V_{outf} + 4.19 \cdot V_{outf} \cdot C_{fin.str}}, \quad ^\circ\text{C} \quad (19)$$

where  $t_{fin.str.}$  is a final temperature of outflowing air,  $^\circ\text{C}$ ;  $C'$  is volumetric specific heat of air,  $\text{kJ}/\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$ ;  $t_{or}$  is temperature of indoor air (near the warm end of regenerator),  $^\circ\text{C}$ ;  $V_{outf}$  is the volume of air passed through the layer of heat-storage material during outflow,  $\text{m}^3$ ;  $C_{or}$  refers to initial absolute humidity at the warm end of the regenerator,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;  $\Delta H_{ads.outf}$  is heat of adsorption at the outflow,  $\text{kJ}/\text{kg}$ ;  $M_{ads}$  is adsorbent mass,  $\text{kg}$ ;  $C_{fin.str}$  is final absolute humidity at the outflow,  $\text{kg}/\text{m}^3$ .

## 2.2. Results and discussion

### 2.2.1 Performance of open-type adsorptive heat storage device

An adsorptive heat storage device is proposed to be used in the system of decentralized heating of a private house with a total area of  $95.85 \text{ m}^2$ , a height of 2.5 m.

The thermal load for the inflow air heating is  $418.23 \text{ MJ}/\text{day}$ . The results of the calculation of the weight and volume of the composite 'silica gel – sodium sulphate' to cover this load are given in Table 1. According to the results of the calculation, the lowest mass and volume of the adsorbent obviously correspond to a composite containing 20% silica gel and 80% sodium sulphate. Therefore, this adsorbent is further used as adsorption material.

Next, a mathematical simulation of the processes of operation of the adsorptive heat storage device in the conditions of a typical living room was carried out. The results of the calculations are shown in Fig. 5 – 7. The maximal values of the efficiency factor are observed at a relative humidity of 55 – 60% and the thickness of the layer of adsorbent 0.25 - 0.5 m and the velocity of the vapor flow of 0.4 – 0.6 m/s (Fig. 5).

The maximal efficiency factors of 56 – 57% are stated at the airflow speeds of humid air 0.4 - 0.5 m/s at a temperature of  $50 - 60 \text{ }^\circ\text{C}$  and a relative humidity of 60% (Fig. 6). Regeneration temperature slightly affects the efficiency factors (Fig. 7).

To develop the measures for increasing the efficiency, the operational inputs structure of an open-type heat storage device was analyzed (Fig. 8). According to its results, the inputs for water evaporation and desorption are the most significant when steam humidifying airflow (Fig. 8a). The input item for air humidifying can be reduced very efficiently when ultrasonic moistened of airflow (Fig. 8b). As a consequence, input for desorption will become the significant item.



Table 1

The results of the calculation of the adsorption heat and the mass of the adsorbent for heat load on heating the supply air 418.23 MJ/day

Silica gel content, %	Content of Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , %	Maximal adsorption value, A <sub>max</sub> , кг/кг	ΔH <sub>ads</sub> , кДж/кг	M, kg	V, m <sup>3</sup>
20	80	1.046	3486.67	118.80	0.165
40	60	0.822	2740.00	151.17	0.212
60	40	0.598	1993.33	207.80	0.289
80	20	0.374	1246.70	332.25	0.461

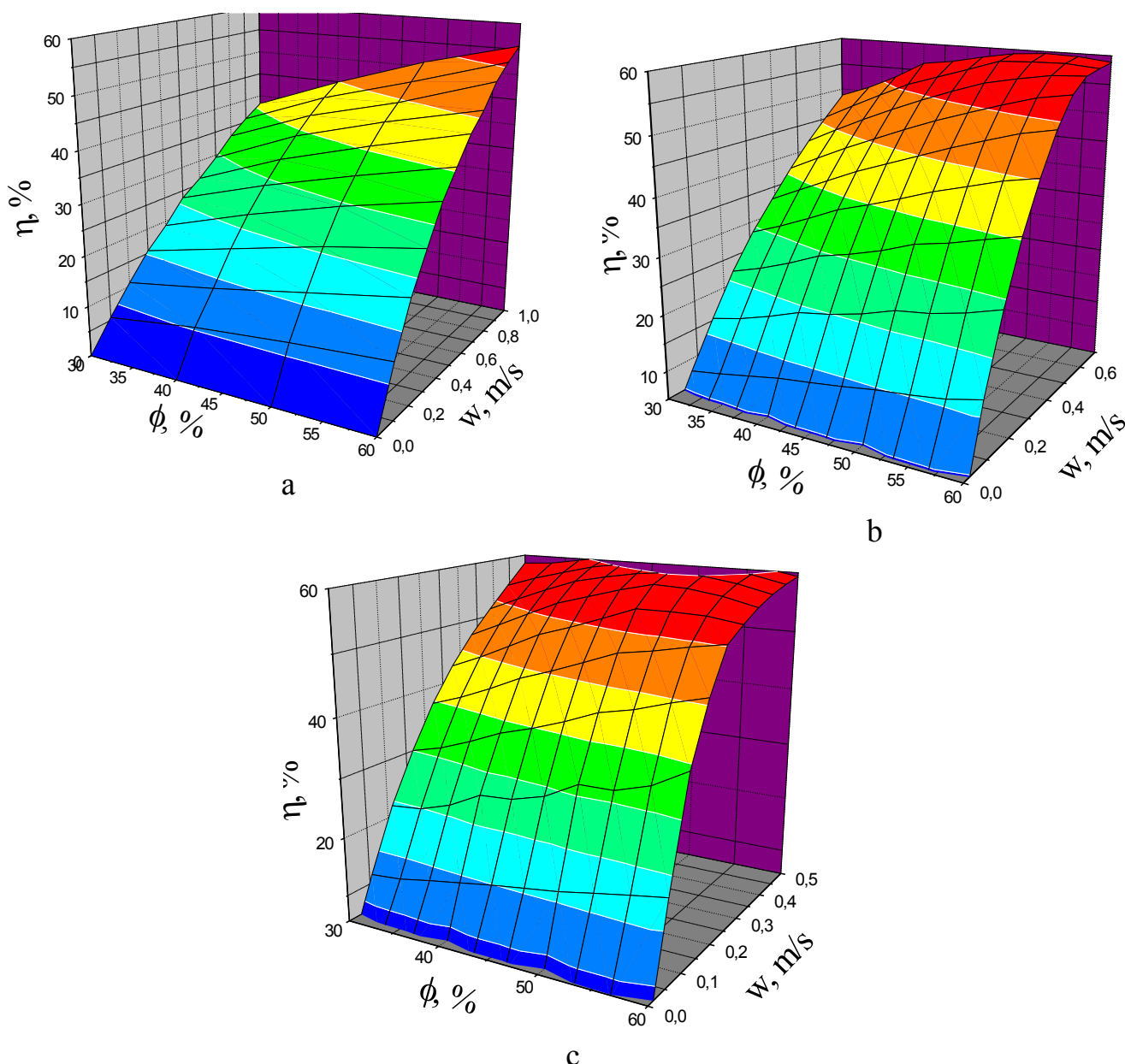
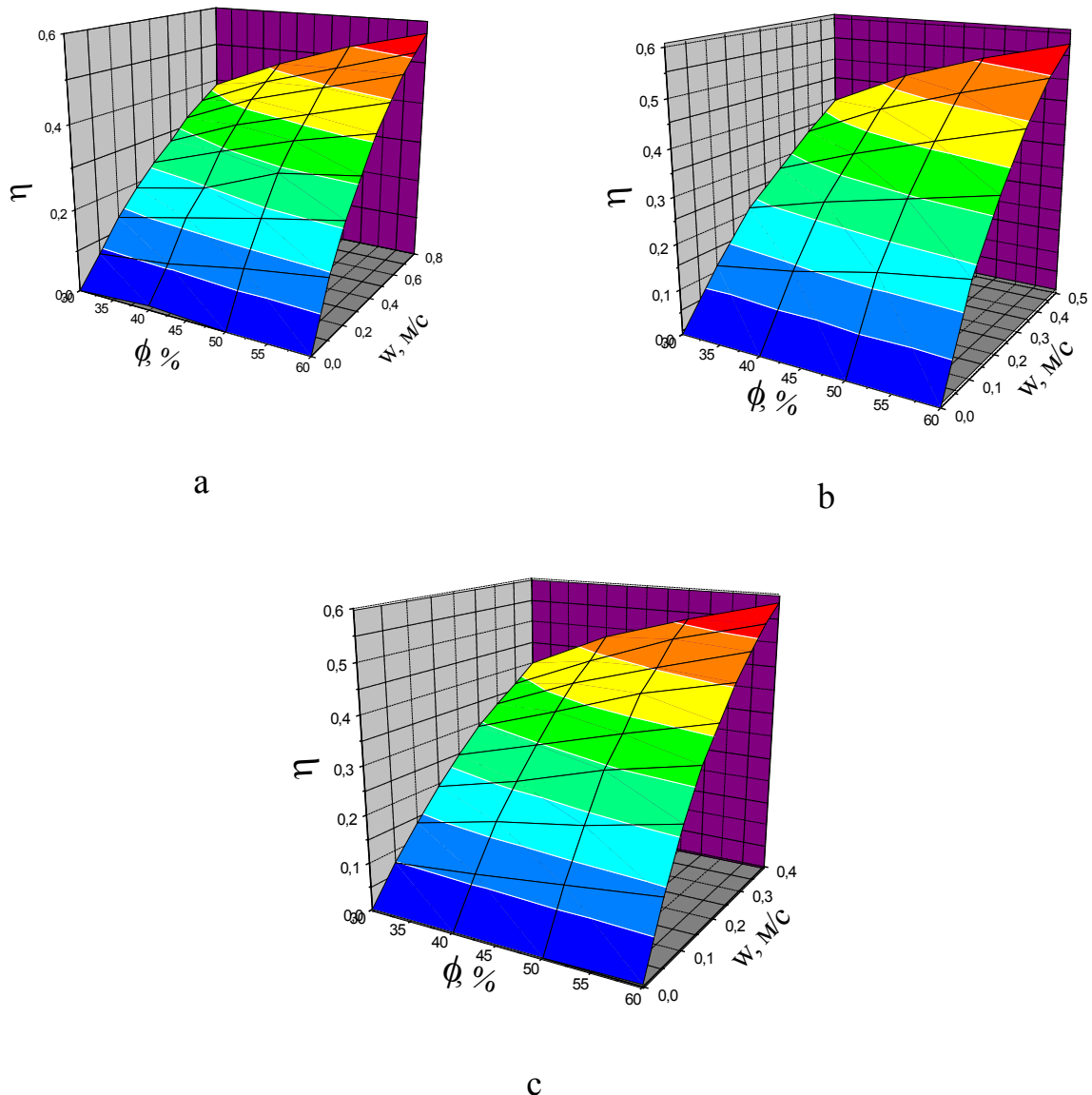


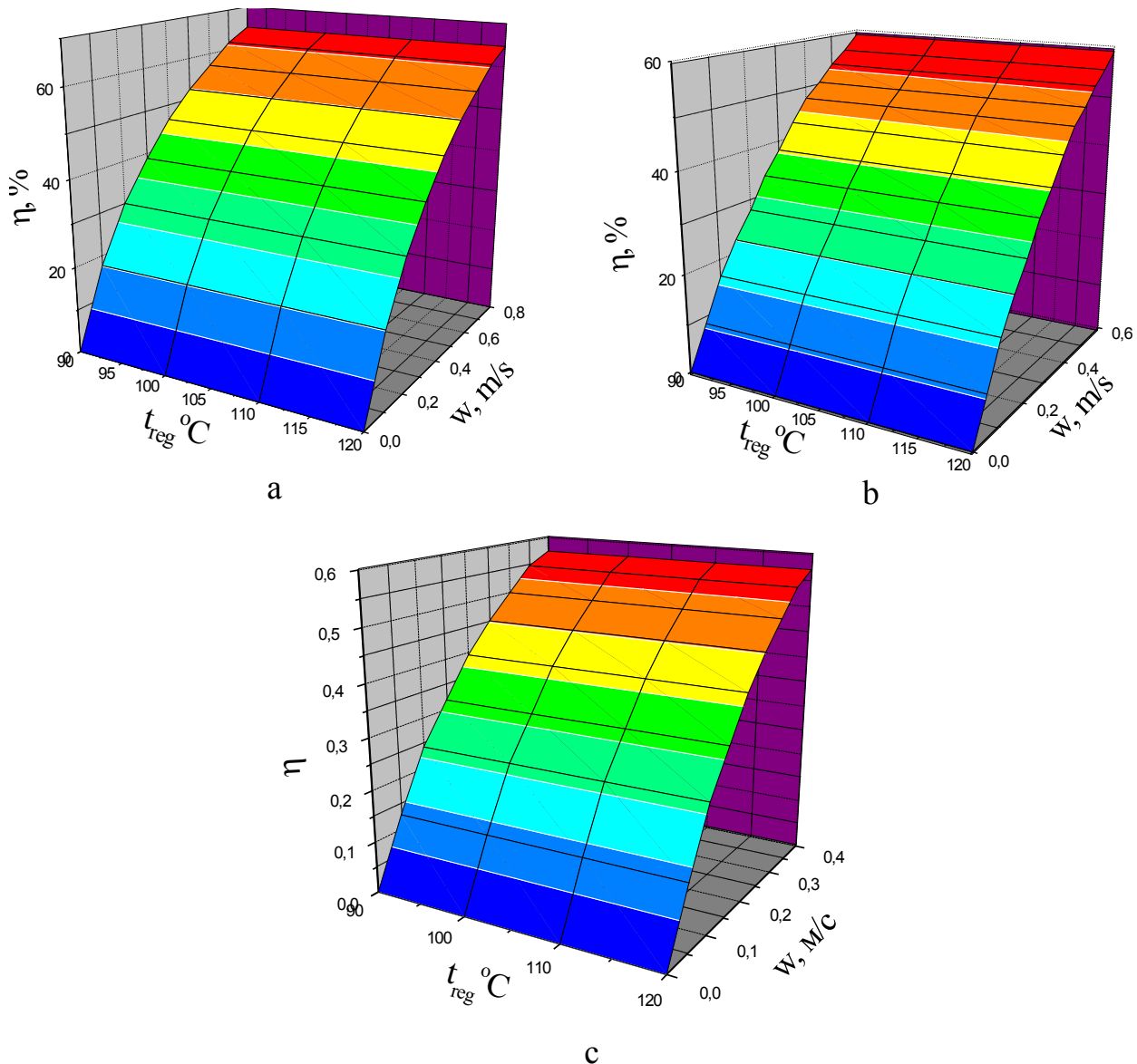
Fig. 5. The dependence of the efficiency factor vs. velocity of the humid airflow (temperature 55 ° C) at a relative humidity of 30 - 60% and the thickness of the adsorbent layer, m: a – 1.0; b – 0.5; c – 0.25.



**Fig. 6. The efficiency factor of the open-type heat storage device vs. humid airflow speed and relative humidity of 30 – 60 % and temperatures of airflow, °C: a – 40; b – 50; c – 60. Adsorbent layer thickness of 0.5 m.**

Inputs for water evaporation can be reduced by shortening of the mass of water. As mass of water supplied into the adsorbent layer corresponded with initial absolute humidity of airflow near the inlet of the adsorbent layer, such measures occur to result in only an expansion of the interval of airflow speeds and relative humidities when maximal efficiency factors are observed (Fig. 9). However, maximal values of efficiency factors were reduced to 40 %.

Obviously, mass of water supplied into an adsorbent layer ought to be corresponded with adsorption or water uptake which achieved under these conditions. According to Eq. (10) and (14), it can be attained by variation of the cross-section area and thickness of the adsorbent layer. Nevertheless, it results in increasing the efficiency factor only up to 50 %.



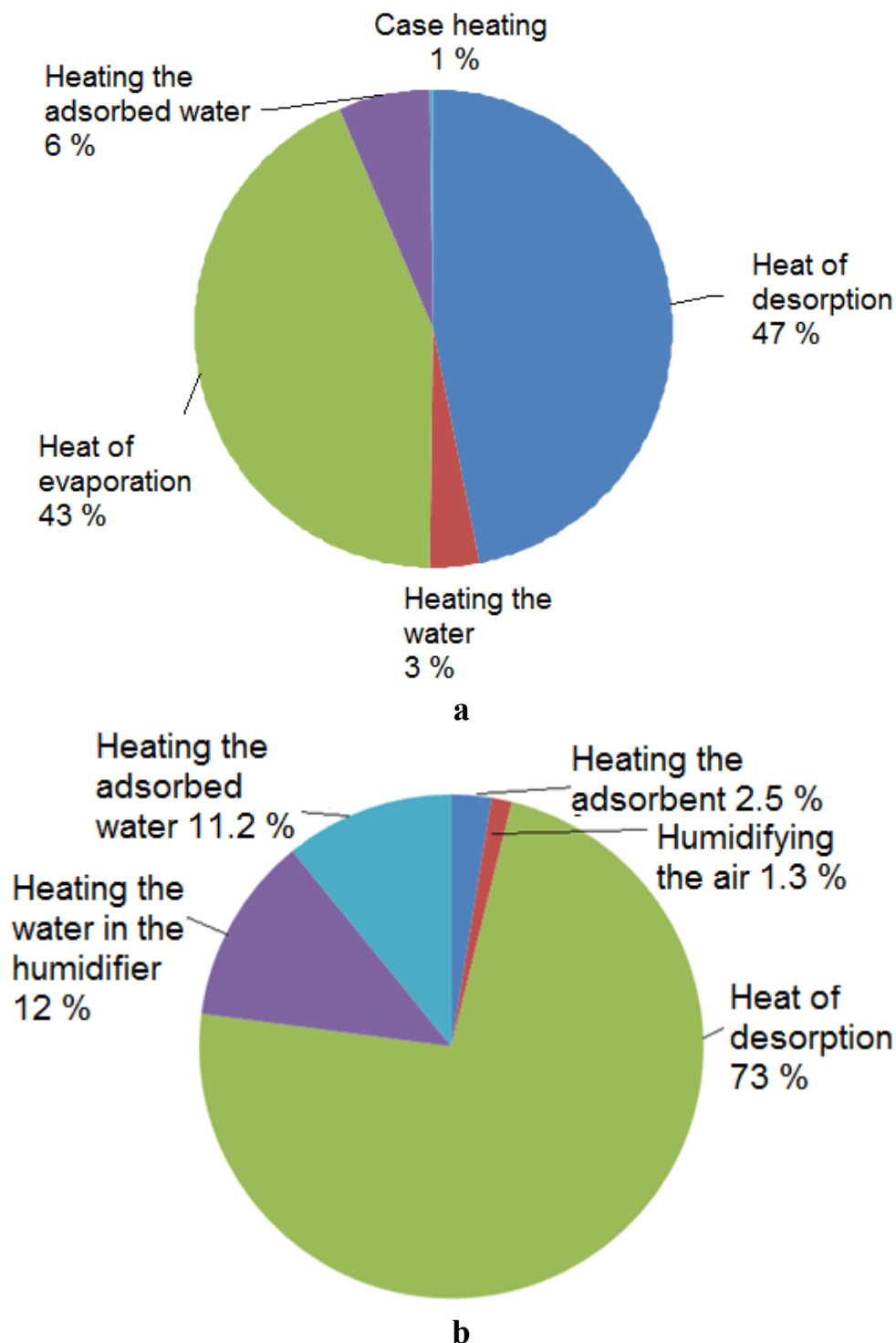
**Fig. 7. The efficiency factor of open-type heat energy storage device vs. humid air flow (temperature 50°C) at the relative humidity of 40 (a), 50 (b) and 60 (c) % and regeneration temperature from 90°C to 120°C. Adsorbent layer 0,5 m.**

More promising measure of improving the performance of adsorptive heat storage device is ultrasonic moistening the airflow. It allows not only broadening the interval of airflow rates when maximal efficiency factors observed, but increasing the efficiency factor at least by 10 % (Fig. 11).

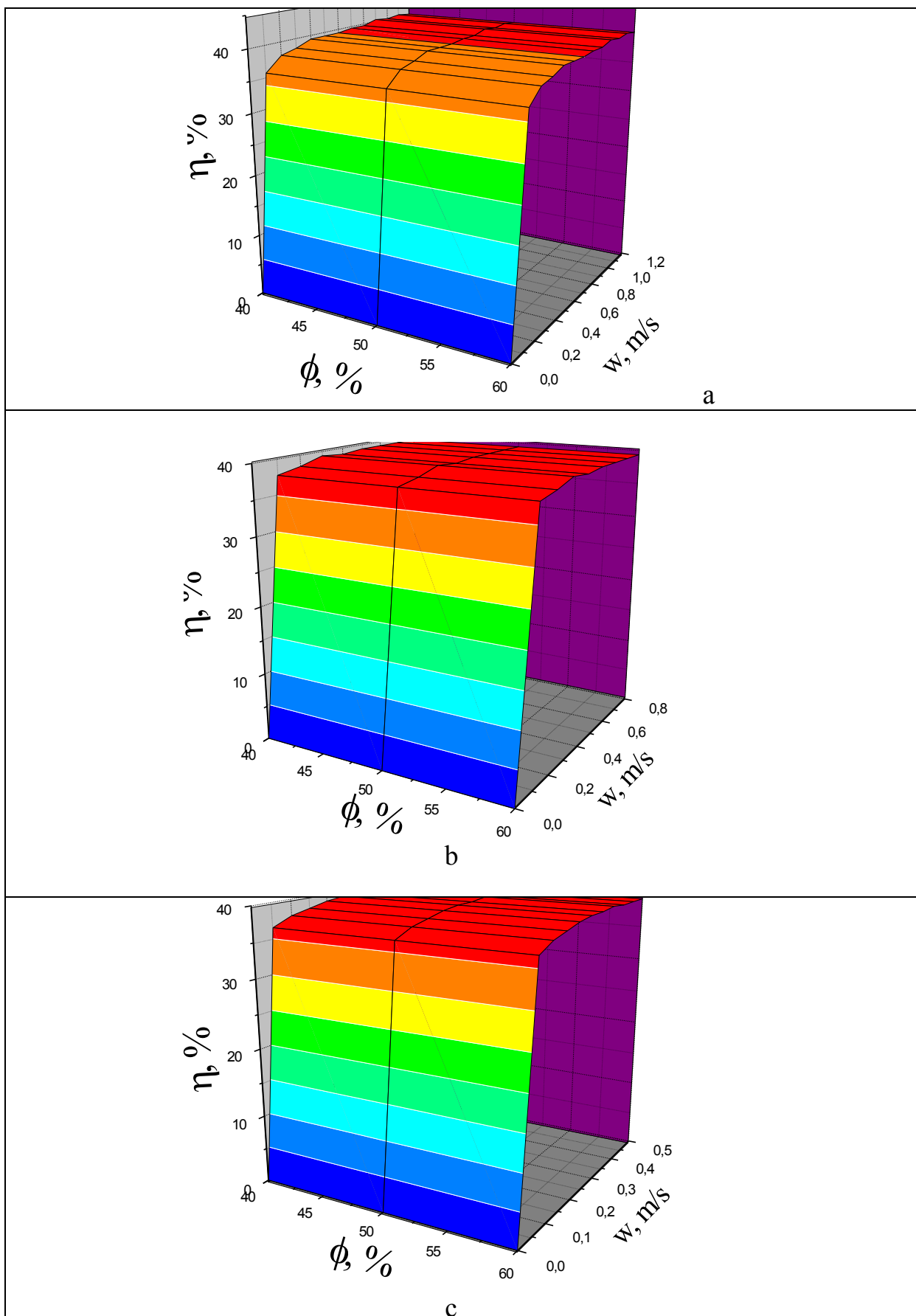
According to the results of mathematical modeling, the efficiency of the adsorptive heat storage device is stated to depend on the humid airflow speed, as well as its temperature and relative humidity, i.e. absolute humidity of air near the inlet to the adsorbent layer. The increase in speed leads to an increase in the efficiency factor due to the increase in the volume of air supplied and, consequently, the amount of water entering the adsorbent layer and the adsorption or water uptake. The maximal values of the efficiency factors are observed at the speeds of flow of humid air of about 0.3 – 0.5 m/s and the absolute humidity of 50 – 60%. The use of ultrasonic



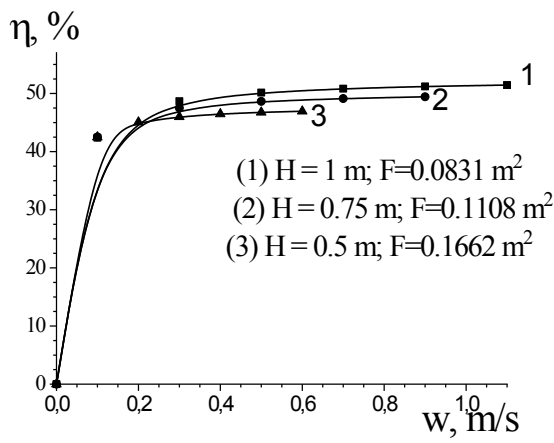
humidification can significantly reduce the inputs for humidifying the airflow and increase the efficiency factor of the adsorptive heat storage device by not less than 10% compared with steam humidification.



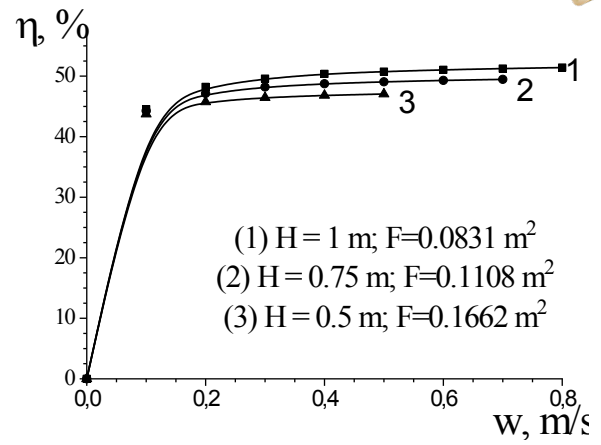
**Fig. 8. Operational inputs structure for open-type heat storage device under steam humidifying (a) and ultrasonic moistening (b).**



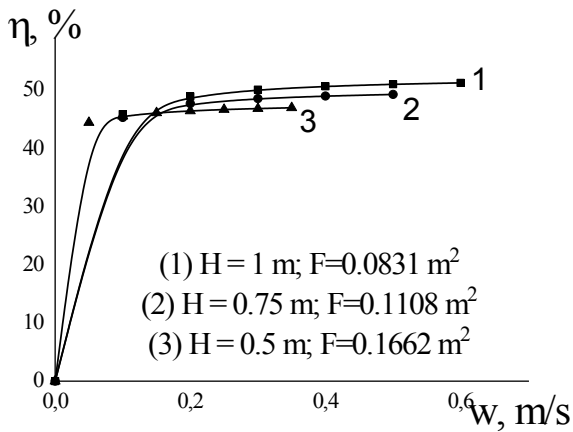
**Fig. 9. Influence of airflow velocity and relative humidity on the efficiency factor of open-type adsorption heat storage device. Temperature of airflow, °C: a – 40, b – 50, c – 60.**



a

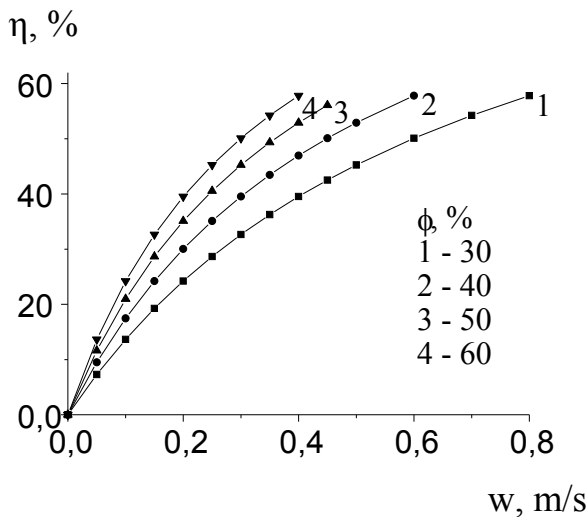


b

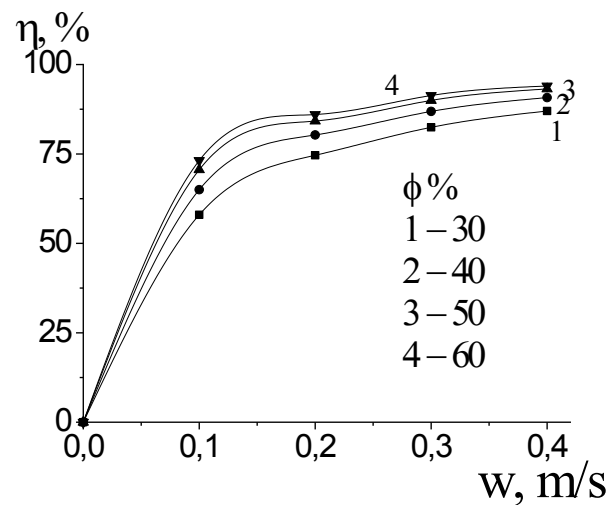


c

**Fig. 10.** The influence of design characteristics on the value of the efficiency factor of the open-type heat storage device. The temperature of the air flow is 50°C. The relative humidity of the airflow, %: a – 30; b – 40; c – 50.



a



b

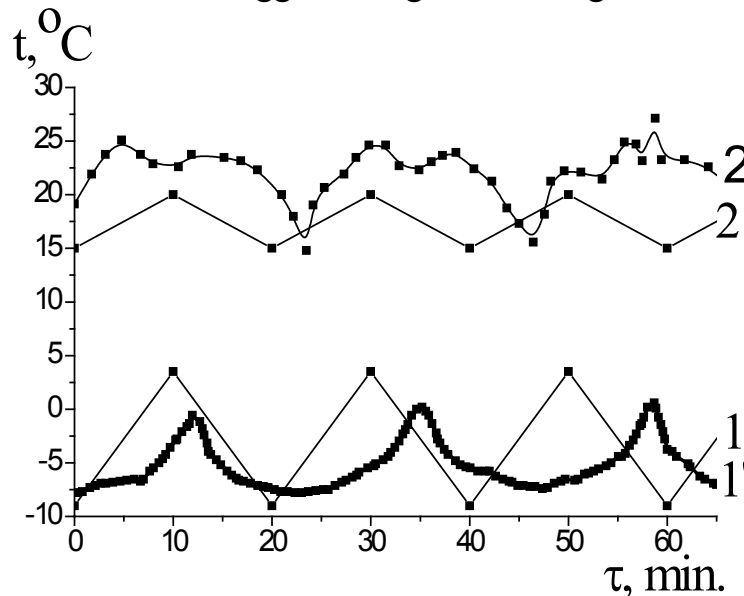
**Fig. 11.** Dependence of the efficiency factor vs. the speed of the humid airflow at a relative humidity of 30 – 60% and temperature 60°C. a – steam moistening; b – ultrasonic moistening.





### 2.2.2. Performance of adsorptive regenerator of low-grade heat and moisture

Results of approbation of the suggested algorithm are given in Fig. 12.



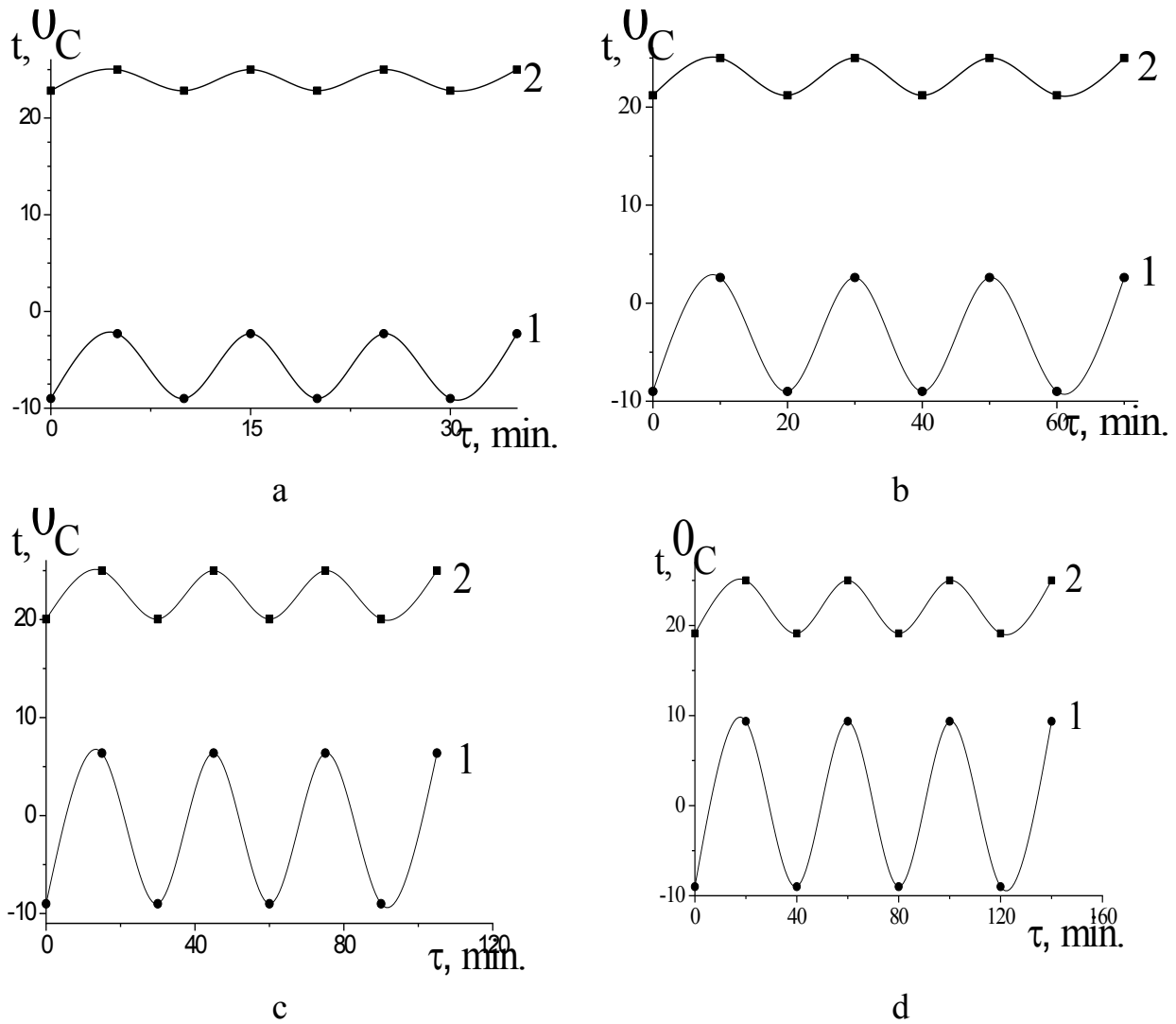
**Fig. 12. Periodic dependences of temperature for adsorptive heat regenerator based on composite ‘silica gel – sodium sulphate’. 1,2 – calculation results; 1', 2' – experimental data; 1, 1' – temperatures on cold end of regenerator; 2, 2' – temperatures on warm end of regenerator. Developed by authors. Cited according to [16]**

An adsorptive regenerator can be promising for the inflow air warming in the conditions of residential premises. The thermal load for heating the inflowing air for three-room apartment with a total area of 77.5 m<sup>2</sup> and a height of 2.5 meters is estimated to be of 338.26 MJ per a day according to the results of the calculation by the Sanitary Regulations 2.04.05-91.

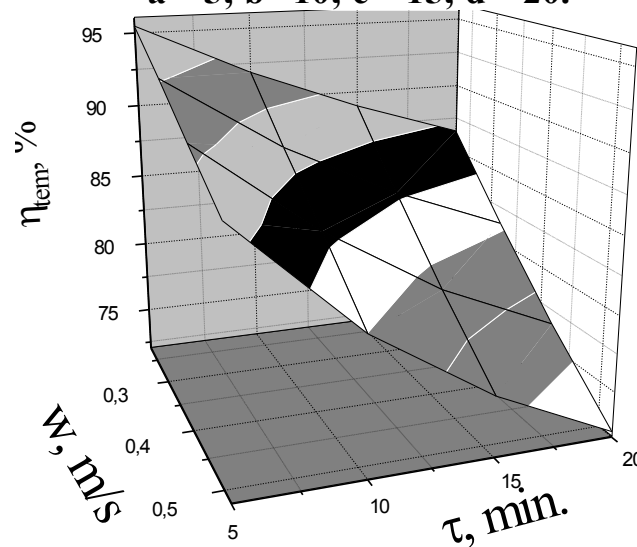
The most efficient adsorbents for inflow air heating are obviously composites containing 80 % of sodium sulphate and 20 % of silica gel. The mass and volume of the composite ‘silica gel – sodium sulphate’ to supply the calculated thermal load are estimated to be of 96.5 kg and 0.134 m<sup>3</sup>. So, according to the system capability, it is advisably to mount 4 adsorptive regenerators. So, mass of the composite is 25 kg per regenerator, its volume being 0.035 m<sup>3</sup>.

Then performance of the regenerator based on the selected composite was simulated in the conditions of conventional ventilation system of residential premise. Switching over period, i.e. changing direction of airflows and amplitudes of time-temperature dependences on both cold and warm ends of the device occur to be decreased simultaneously (Fig. 13). It results in increasing the temperature efficiency factor of the device (Fig. 14).

The value of the temperature efficiency factor of the adsorption heat and moisture regenerator depends on the speed and time of switching (change of direction) of the air flows.



**Fig. 13. Temperature dependences during operation of the adsorptive regenerator based on composite ‘silica gel – sodium sulphate’ (adsorbent mass is 25 kg) on warm (1) and cold (2) end of the device. Switching over periods, min.: a – 5; b – 10; c – 15; d – 20.**

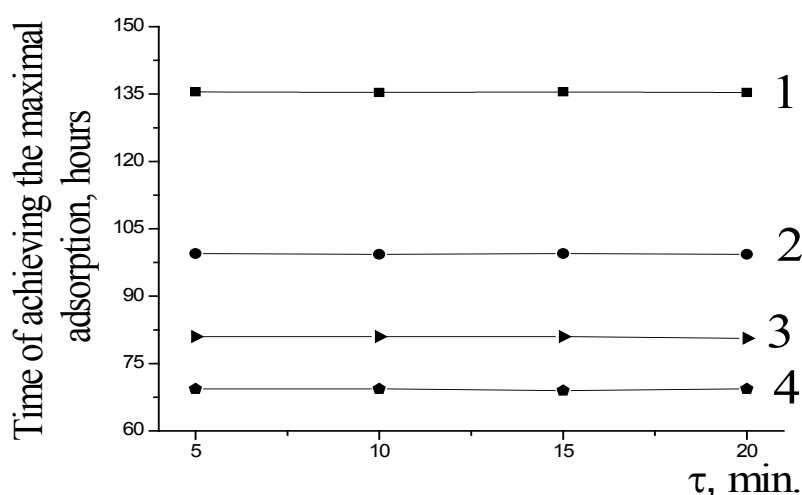


**Fig. 14. Temperature efficiency factor vs. airflow speed and time of switching airflows for adsorptive heat-moisture regenerators based on composite ‘silica gel – sodium sulphate’.**

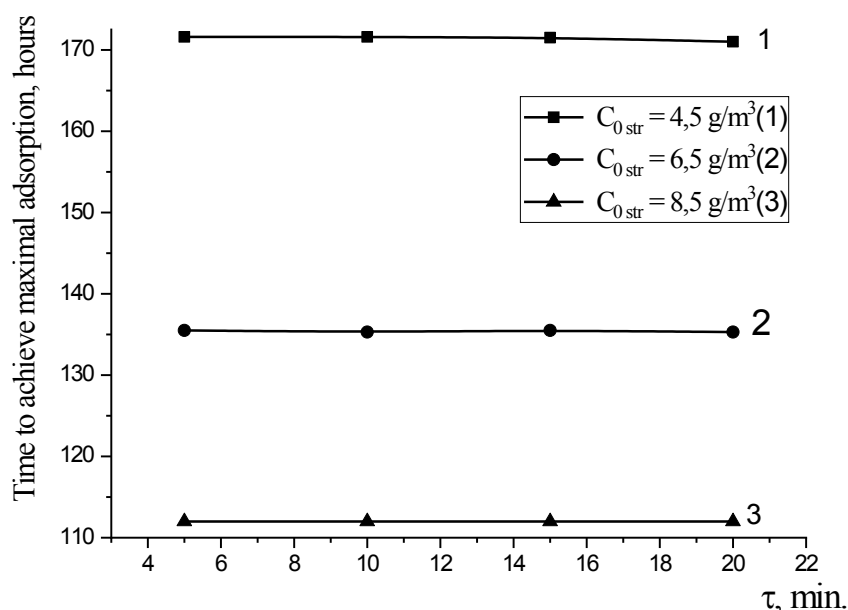


Maximal values of temperature efficiency factor can be achieved when the airflow speed and switching over period do not exceed the 0.22 m/s and 5 min., respectively. Time to achieve the maximal adsorption is strongly determined by the airflow speed (Fig. 15). It is monotonously decreased when airflow speed magnified because of simultaneous increasing the air volume and moisture quantity which supplied to the adsorbent layer. Maximal times to achieve maximal adsorption are stated at the airflow speed of 0.22 m/s which corresponds to minimal amount of water supplied into the adsorbent layer.

Similarly, the increase in the absolute humidity of the outside air (Fig. 16) affects the temperature factor. This is obviously accompanied by an increase in the rate of adsorption processes and a decrease in the time required to reach the maximum adsorption. The temperature of the outside air exhibit no effect on the duration of reaching the maximum concentration.



**Fig. 15. Time of achieving the maximal adsorption vs. time of switching of airflow. The speed of airflow, m/s: 1 – 0.22; 2 – 0.32; 3 – 0.42; 4 – 0.52.**



**Fig. 16. Influence of absolute humidity on the time to achieve maximal adsorption.**



## Conclusion

The operating processes of the open-type adsorptive converters of heat energy based on the composite adsorbents 'silica gel – sodium sulphate' for inflow air heating were studied. An algorithm for calculating the performance characteristics of an adsorption heat accumulator and adsorptive heat-moisture regenerator is proposed.

The correlation of the composition of the adsorbent and the design characteristics of the adsorptive heat converter is shown. A minimal amount of adsorbent to cover the load on the supply air is set for a composite containing 20% silica gel and 80% sodium sulphate.

Simulations of the operation of the adsorption heat storage device based on the composite 'silica gel – sodium sulphate' in the conditions of a typical ventilation system were carried out. Optimal parameters of operating processes have been established: the flow rate of humid air is about of 0.3 – 0.5 m/s with an absolute humidity of 50 – 60%. Comparative analysis of measures to improve the efficiency of adsorptive heat storage devices was performed.

Mathematical model and procedure for estimation of performance of adsorptive heat-moisture regenerator were developed. The proposed procedure includes calculating the volume of air passed through the layer of heat storage material, the absolute humidity of the inflow and outflow air, the adsorption (i.e. water uptake) and the heat of adsorption for inflow, the final temperature of the cold air, the air temperature after mixing the cold air from the street and the warm air in the room near the warm end of the regenerator during inflow, the volume of air passed through the layer of heat storage material, adsorption and heat of adsorption for outflow, the final temperature of the air at the cold end of the regenerator, the air temperature after mixing of the cold air from the street and the warm air from the room at the cold end of regenerator during outflow, determining the temperature efficiency factor, summarized adsorption and time to achieve maximal adsorption. The correlation of air temperatures near the warm and cold ends of the regenerator and the temperature efficiency factors calculated according to the suggested algorithm and determined by experimental way is shown.

The operation of adsorptive heat-moisture regenerators based on composites 'silica gel – sodium sulphate' in the conditions of the typical ventilation system of residential premises is simulated. An increase of the temperature efficiency factor when airflow speed and time of its switchover is shown to result in increasing the temperature efficiency factor. The maximal temperature efficiency factors are corresponded with the airflow velocity at most of 0.22 m/s and the airflows switching time about of 5 minutes.

The present work was carried out under partial support of Ministry of Education and Science of Ukraine within the frame of taxpayer-funded research 0119U002243.



## CHAPTER 3. APPLICATION OF VARIABLE FREQUENCY DRIVE IN WATER SUPPLY SYSTEMS

DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-038

### Введение

Вода является одним из наиболее важных ресурсов из всех, доступных человечеству. Потребление водных ресурсов в мире непрерывно возрастает. Так, например, по данным, приведенным в [1], потребление воды в Европе увеличилось с 37,5 кубических километров в 1900 году до 463 кубических километров в 2000 году. Если учесть рост населения Земли, то тенденция роста потребления водных ресурсов в обозримом будущем вряд ли изменится.

Поэтому экономия как воды, так и энергии, затрачиваемой на ее подготовку и передачу к потребителям, оказывается острой и требующей для своего решения обоснованных и рациональных технических решений и применения самого современного оборудования. Также можно сказать, что большие объемы потребления воды в современном мире требуют значительного сокращения расхода энергоресурсов. В России, например, по данным, приведенным в [2] норма расхода воды в жилых зданиях с централизованным горячим водоснабжением и ваннами, длиной более 1500–1700 мм составляет 250 литров на одного жителя в сутки.

### 3.1. Проблемы энергосбережения в системах водоснабжения

Известно, что системы коммунального водоснабжения и водоотведения в различных населенных пунктах представляют собой крупных потребителей электроэнергии. Для обеспечения полноценной работы этих систем требуется удельный расход электрической энергии только для жилищно–коммунального хозяйства за одни сутки в среднем от 0,3 до 0,4 кВт·ч на одного жителя. Если учесть при этом необходимость обеспечения водой других потребителей – промышленность, транспорт и т.д., то очевидно, что расход электроэнергии на цели водоснабжения становится еще больше.

В системах водоснабжения основными потребителями электроэнергии являются различные насосные станции, обеспечивающие передачу воды самым разным потребителям. На этих станциях электродвигатели привода насосов представляют наиболее мощные электроприемники, работа которых во многом определяет величину потребления электроэнергии.

Известно, что режим потребления воды в разных населенных пунктах определяется целым рядом факторов, напрямую зависящих от режима жизни и характера трудовой деятельностью жителей, проживающих и работающих в этих населенных пунктах. Само же потребление воды является неравномерным как в течении календарного года так и в течении суток [3]. Для примера на рис.1 приведен суточный график потребления воды жилого дома [4].

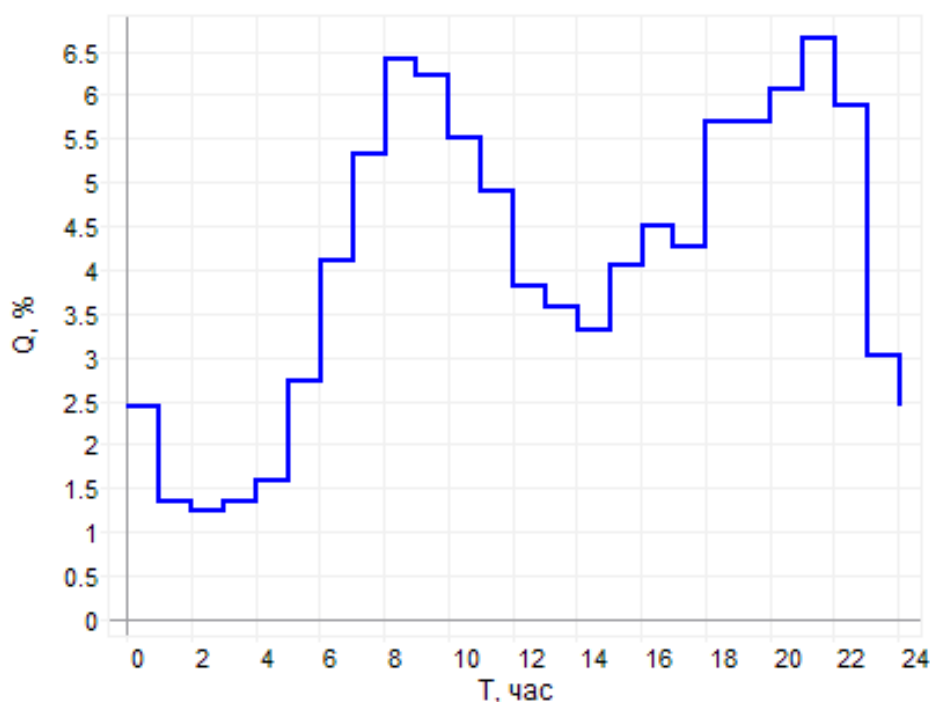


Рис. 1. График потребления воды жилым домом

На рис. 2 представлен примерный суточный график водопотребления небольшого населённого пункта, на рис.3 – график притока сточных вод станции аэрации за сутки [5].

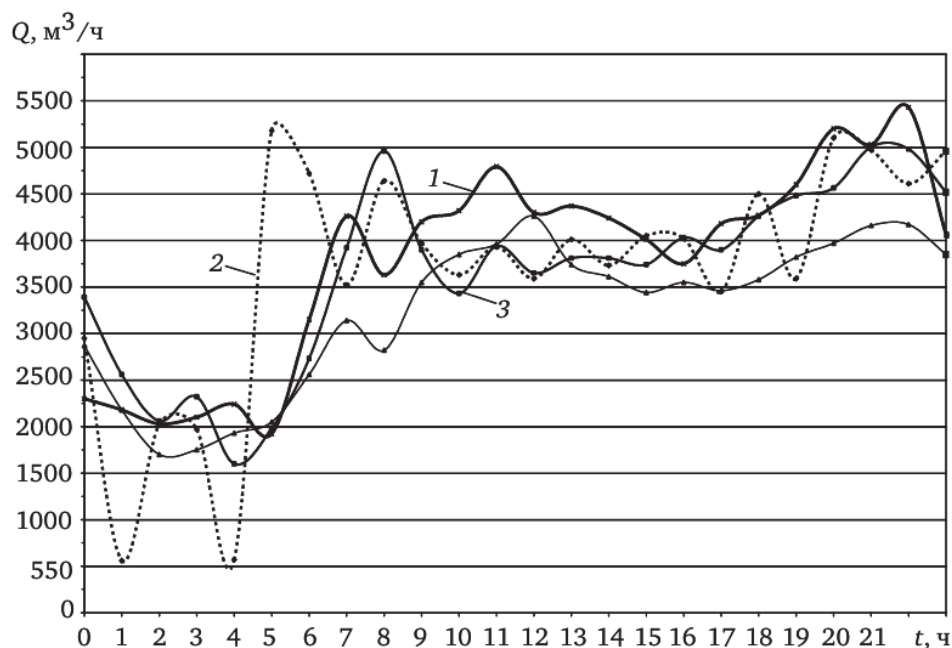
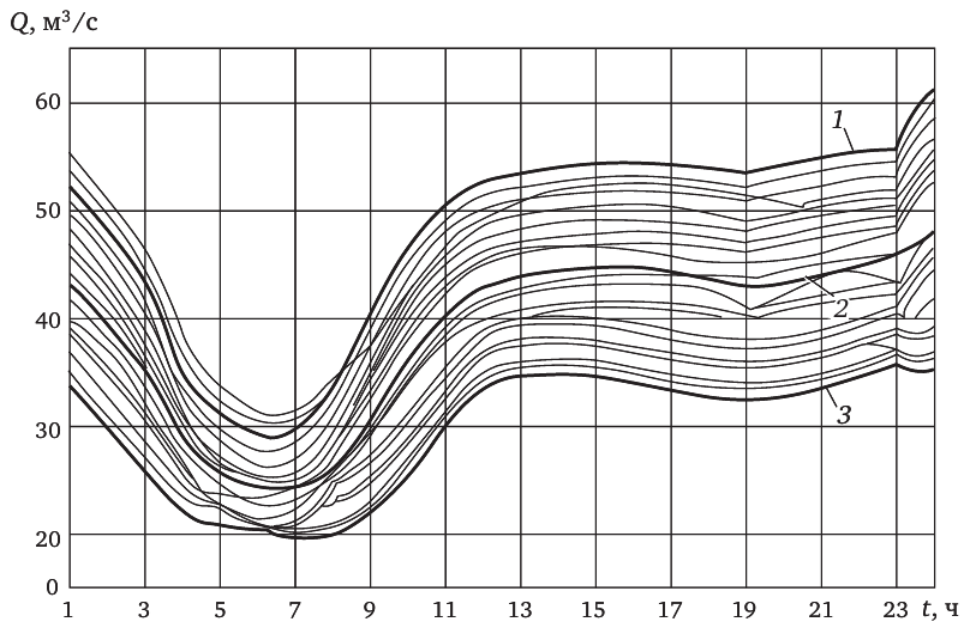


Рис. 2. Суточные графики водопотребления за трое суток (1–3)

Эксплуатация насосных агрегатов в подобных условиях при изменении расходов воды в широком диапазоне приводит к тому, что оборудование насосных станций немалую часть своего рабочего времени работает за оптимальными границами рабочей области, что неизбежно приводит к низким значениям энергоэффективности. Основой экономичной работы насосного оборудования, обеспечивающей низкие расходы электроэнергии на перекачку



**Рис. 3 – График притока сточных вод станции аэрации за сутки:  
1 – максимального; 2 – среднего; 3 – минимального притока сточных вод**

воды, является согласованная работа на водопроводную сеть, при которой рабочая точка в рассматриваемый момент времени должна находиться в рабочем диапазоне характеристики насоса или же близко к нему. Обеспечение этого условия позволяет эксплуатировать насосные агрегаты с высокой эффективностью и надежностью их работы.

Жизнь потребителей коммунальных услуг обуславливает циклические (суточные, недельные и т.д.) изменения объема потребления и стоков. Требование регулирования работы насосных агрегатов – следствие требований ресурсосбережения и логическое следствие – регулирование подводимой к насосному агрегату энергии в соответствии с режимом сети [5, 6].

Но на практике для многих организаций, работающих в области водоснабжения, существует проблема низкой эффективности эксплуатации насосного оборудования [7]. Довольно часто общий к.п.д. насосной станции оказывается значительно ниже индивидуальных к.п.д. размещенных на ней насосов. Одной из основных причин такого явления является регулирование режимов работы насосов с использованием различных задвижек, изменяющих сечение трубопроводов и их гидравлическое сопротивление. В этом случае при уменьшении сечения трубопроводов возрастают потери на преодоление повышенного гидравлического сопротивления, что негативно сказывается на энергетических показателях работы насосной станции.

### **3.2. Способы повышения эффективности использования электроэнергии в системах водоснабжения**

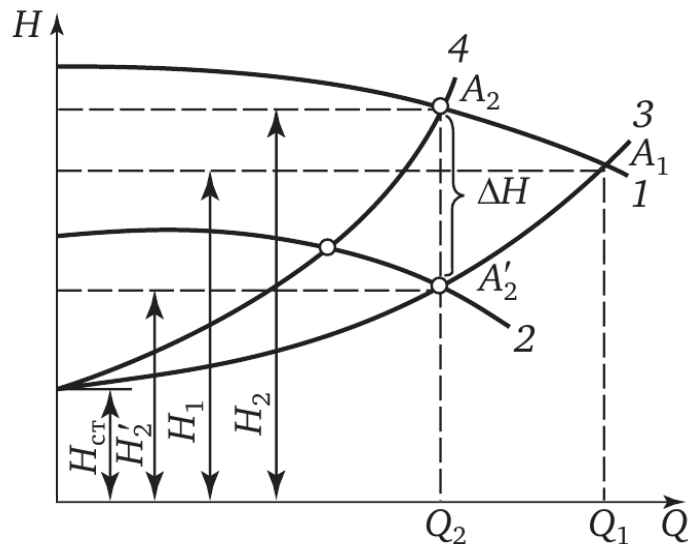
В современных условиях одним из наиболее эффективных способов снижения потребления электроэнергии в насосных агрегатах, работающих в условиях переменного графика расхода воды, является использование регулирования рабочих параметров электропривода [4–6].



Производительность насосных установок систем водоснабжения, работающих непосредственно в сеть без промежуточных накопительных ёмкостей, должна быть в каждый момент времени равна водопотреблению (при отсутствии утечек и непроизводительных расходов). Но в действительности в любой системе водоснабжения имеются утечки и непроизводительные расходы, которые достигают 15–20 % общей подачи [5]. Следовательно, производительность насосных установок должна быть поэтому несколько больше водопотребления. С ростом водопотребления подачу насосов приходится увеличивать, соответственно увеличиваются потери напора в трубах. Чтобы их компенсировать, следует увеличить давление, развиваемое насосными установками. При уменьшении водопотребления подача и давление должны быть уменьшены. Режим работы насосных установок, подающих воду потребителю через аккумулирующие емкости (резервуар, водонапорную башню и т. п.), характерен тем, что в отдельные периоды времени подача насосных установок отличается от водопотребления. Если величина подача больше, чем водопотребление, то уровень воды в резервуаре поднимается, если же меньше, то уровень воды снижается. В случае равенства подачи и водопотребления уровень в резервуаре стабилизируется на одной отметке. В этом случае регулирование подачи насосных установок осуществляется включением агрегата при снижении уровня воды до заданного нижнего значения и отключением при достижении заданного верхнего значения. Затем весь цикл повторяется.

С увеличением водопотребления частота включений агрегатов увеличивается, продолжительность пауз уменьшается, поскольку при увеличении водопотребления быстрее расходуется вода из резервуара. При этом уровень жидкости быстрее достигает нижнего положения, и вследствие этого чаще происходит включение дополнительных насосов. Режим работы насосных установок при откачке жидкостей из приемных резервуаров, например канализационных насосных станций (КНС), аналогичен рассмотренному выше, но насосные агрегаты включаются в работу при наполнении резервуаров до верхних уровней, а отключаются при снижении уровня жидкости до нижних. Число операций включений и отключений за сутки насосных агрегатов в КНС с резервуарами достигает 40–50, а в ряде случаев 100 [5]. Такое число включений для агрегатов большой мощности недопустимо, из-за негативного влияния пусковых механических моментов и токов, имеющих большие значения, чем механические моменты и токи в рабочем режиме, на электродвигатели и электрическую сеть. Поэтому в установках с агрегатами мощностью выше 150 – 250 кВт необходимо применять регулирование режима работы отдельных насосов, входящих в состав КНС. Преднамеренное изменение подачи и напора насосов в соответствии с изменяющимся режимом работы системы водоснабжения называется регулированием. Центробежные насосы регулируются изменением степени открытия задвижки на напорной линии водоснабжения или же изменением частоты вращения рабочих колёс (рис. 4) [5].





**Рис. 4. Регулирование режима работы центробежного насоса:**

*1 – характеристика насоса при номинальной частоте вращения; 2 – то же при уменьшенной частоте вращения; 3 – характеристика трубопровода при полном открытии затвора; 4 – то же при уменьшении степени открытия затвора;  $H_1, H_2$  – напоры, соответствующие подачам  $Q_1, Q_2$ ;  $H_{ст}$  – статическая составляющая напора*

Прикрывая задвижку, увеличивают крутизну характеристики трубопровода (гидравлическое сопротивление), при этом рабочая точка насоса  $A_1$  перемещается в положение  $A_2$ . В этом случае подача уменьшается до значения  $Q_2$ , напор, развиваемый насосом, возрастает до значения  $H'_2$ , а напор на трубопроводе за затвором снижается до значения  $H_2$ . Снижение напора за затвором происходит за счёт потерь напора  $\Delta H$  в затворе.

Увеличивая степень открытия задвижки, уменьшают крутизну характеристики трубопровода (снижается гидравлическое сопротивление). Вследствие этого подача увеличивается, напор, развиваемый насосом, уменьшается, а напор в трубопроводе за задвижкой возрастает. Этот способ регулирования, именуемый дросселированием, считается неэкономичным, так как на преодоление дополнительного гидравлического сопротивления в задвижке

Более экономичным способом регулирования, по сравнению с дросселированием, является изменение частоты вращения рабочего колеса насоса. При этом изменяется положение напорно–расходной характеристики насоса. Уменьшая частоту вращения, перемещают характеристику насоса вниз.

При этом рабочая точка, перемещаясь по характеристике напорного трубопровода, занимает положение  $A'_2$ , следовательно, подача воды уменьшается. Одновременно уменьшается напор в сети и напор, развиваемый насосом. Увеличение же частоты вращения рабочего колеса увеличивает подачу и напор насоса, а также напор в сети. Этот способ регулирования более экономичен, но для своей реализации требует применения регулируемого электропривода.



### 3.3. Частотно–регулируемый электропривод в системах водоснабжения

Одной из тенденций в области энергосберегающих технологий последних лет является применение частотно–регулируемых приводов на основе асинхронных короткозамкнутых электродвигателей и полупроводниковых преобразователей частоты, снижающих потребление электрической энергии, повышающих степень автоматизации, удобство эксплуатации оборудования и качество технологических процессов [7–9].

Применение частотно–регулируемого привода на насосах и вентиляторах позволяет обеспечить снижение потребляемой мощности на 5-30% за счет исключения в водяных и воздушных трактах дросселей и заслонок, а также улучшения технологических процессов. Наряду с этим частотно–регулируемый привод дает ряд дополнительных преимуществ [10, 11]:

- экономию тепла в системах горячего водоснабжения за счет снижения потерь воды, несущей тепло;
- возможность создавать при необходимости напор выше номинального;
- уменьшение износа основного оборудования за счет плавных пусков, устранение гидравлических ударов, снижение напора;
- снижение шума;
- возможность комплексной автоматизации систем;
- возможность оптимизации выбора оборудования и его комплектной поставки.

Частотно-регулируемый привод (ЧРП) как правило состоит из инвертера – преобразователя постоянного тока в переменный – и трехфазного электродвигателя переменного тока. Инвертер обеспечивает плавный пуск электродвигателя без пусковых токов и ударов, его остановку, изменение скорости и направления вращения. Данная система может быть внедрена почти в любой технологический процесс.

Частотный преобразователь в комплекте с асинхронным электродвигателем позволяет заменить регулируемый электропривод постоянного тока. Системы регулирования скорости двигателя постоянного тока достаточно просты, но слабым местом такого электропривода является электродвигатель. Он дорог и ненадежен. При работе происходит искрение щеток, под воздействием электроэрозии изнашивается коллектор. Такой электродвигатель не может использоваться в запыленной и взрывоопасной среде. Асинхронные электродвигатели превосходят двигатели постоянного тока по многим параметрам: они просты по устройству и надежны, так как не имеют подвижных контактов. Они имеют меньшие по сравнению с двигателями постоянного тока размеры, массу и стоимость при той же мощности. Асинхронные двигатели просты в изготовлении и эксплуатации.

Основной недостаток асинхронных электродвигателей – сложность регулирования их скорости традиционными методами (изменением питающего напряжения, введением дополнительных сопротивлений в цепь обмоток).

Управление асинхронным электродвигателем в частотном режиме до недавнего времени было большой проблемой, хотя теория частотного



регулируемая была разработана еще в тридцатых годах. Развитие частотно–регулируемого электропривода сдерживалось высокой стоимостью преобразователей частоты. Появление силовых схем с IGBT-транзисторами, разработка высокопроизводительных микропроцессорных систем управления позволило различным фирмам Европы, США и Японии создать современные преобразователи частоты доступной стоимости.

Статические преобразователи частоты являются наиболее совершенными устройствами управления асинхронным приводом в настоящее время.

Принцип частотного метода регулирования скорости асинхронного двигателя заключается в том, что, изменяя частоту  $f_1$  питающего напряжения, можно в соответствии с выражением изменять скорость вращения асинхронного двигателя:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot f}{p}, \quad (1)$$

где  $p$  – число пар полюсов асинхронного двигателя.

Этот способ обеспечивает плавное регулирование скорости в широком диапазоне, а механические характеристики обладают высокой жесткостью. Регулирование скорости при этом не сопровождается увеличением скольжения асинхронного двигателя, поэтому потери мощности при регулировании невелики. Для получения высоких энергетических показателей асинхронного двигателя – коэффициентов мощности, полезного действия, перегрузочной способности – необходимо одновременно с частотой изменять и подводимое напряжение. Закон изменения напряжения зависит от характера момента нагрузки  $M_c$ . При постоянном моменте нагрузки  $M_c = \text{const}$  напряжение на статоре  $U_1$  должно регулироваться пропорционально частоте  $f_1$ :

$$\frac{U_1}{f_1} = \text{const}, \quad (2)$$

Для вентиляторного характера момента нагрузки это состояние имеет вид:

$$\frac{U_1}{f_1^2} = \text{const}, \quad (3)$$

При моменте нагрузки, обратно пропорциональном скорости:

$$\frac{U_1}{\sqrt{f_1}} = \text{const}, \quad (4)$$

Таким образом, для плавного бесступенчатого регулирования частоты вращения вала асинхронного электродвигателя, преобразователь частоты должен обеспечивать одновременное регулирование частоты и напряжения на статоре асинхронного двигателя.

Применение регулируемого электропривода обеспечивает энергосбережение и позволяет получать новые качества систем и объектов. Значительная экономия электроэнергии обеспечивается за счет регулирования какого–либо технологического параметра. Если это транспортер или конвейер, то можно регулировать скорость его движения. Если это насос или вентилятор – можно поддерживать давление или регулировать производительность. Если



это станок, то можно плавно регулировать скорость подачи или главного движения.

Особый экономический эффект от использования преобразователей частоты дает применение частотного регулирования на объектах, обеспечивающих транспортировку жидкостей [12]. До сих пор самым распространённым способом регулирования производительности таких объектов является использование задвижек или регулирующих клапанов, но сегодня доступным становится частотное регулирование асинхронного двигателя, приводящего в движение, например, рабочее колесо насосного агрегата или вентилятора.

### **3.4. Структура частотного преобразователя, используемого в частотно-регулируемом приводе**

Несмотря на то, что преобразователи частоты (ПЧ) различных фирм отличаются типами применяемых силовых полупроводниковых приборов, исполнением, видами защит, следует отметить общие принципы построения современных частотно-регулируемых электроприводов:

1. Силовая часть – преобразователь частоты – состоит из выпрямителя, фильтра постоянного напряжения и IGBT или IGCT-инвертора с модулем торможения в звене постоянного напряжения. Для снижения уровня радиопомех (кондуктивных – распространяющихся по проводам) на входе ПЧ может включаться блок входного фильтра, для ограничения перенапряжений на зажимах приводного двигателя и защиты изоляции его обмоток от пробоя и ускоренного старения на зажимы двигателя включается блок выходного фильтра.

2. Система управления – микропроцессорная, формирует сигналы управления инвертором согласно алгоритму, позволяющему максимально использовать напряжение источника с минимальными искажениями формы выходного напряжения, обеспечивая при этом:

- автоматическое определение параметров подключенного двигателя;
- самотестирование двигателя и технологических датчиков;
- индикацию состояния двигателя дискретными сигналами;
- цифровую индикацию на встроенном жидкокристаллическом дисплее текущих значений переменных электропривода (заданного и/или фактического значения, скорости, заданного и/или фактического значения параметра, например, давления, на выходе насоса (компрессора) тока статора двигателя, напряжения сети, потребляемой мощности и др.);
- параметров регулятора (способа ввода задания, начального направления вращения, времени разгона и торможения, максимального и минимального значений выходной частоты, пропорционального, интегрального и дифференциального коэффициентов ПИД-регулятора и др.);
- значений уставок защиты (максимально-токовой, время-токовой и температурной двигателя, параметров частотно-токового ограничения, температурной преобразователя);
- просмотр и изменение параметров двигателя и регулятора со



встроенного пульта управления при вводе пароля доступа к режиму программирования.

Указанные функции выполняются с помощью специализированного по архитектуре под задачи управления электроприводом быстродействующего сигнального процессора (DSP). Управление электроприводом может быть местным со встроенного пульта управления, дистанционное с дистанционного пульта управления, дистанционное от внешней АСУ или персонального компьютера по каналам последовательной связи, интерфейс RS485.

Для приема управляющих и задающих сигналов электропривод может содержать:

- аналоговые входы в стандарте  $0...10\text{ В}$  ( $0...5\text{ В}$ ),  $0...±10\text{ В}$  ( $0...±5\text{ В}$ );
- аналоговые входы с гальванической развязкой в стандарте  $4.20\text{ мА}$ ;
- дискретные входы с гальванической развязкой.

Для управления внешними устройствами электропривод может содержать релейные и аналоговые выходы. Назначения цифровых входов и выходов могут быть перепрограммированы. Предусматривается также возможность увеличения числа входов/выходов с помощью дополнительных встраиваемых субмодулей расширения.

3. Система защит электропривода может включать защиты от следующих факторов:

- токов недопустимой перегрузки и короткого замыкания;
- замыкания на "землю";
- обрыва фазы;
- перенапряжений на силовых элементах схемы;
- недопустимых отклонений и исчезновения напряжения питающей сети;
- недопустимого перегрева силовых элементов схемы;
- неисправностей и сбоев системы управления;
- недопустимых отклонений технологического параметра и др.

Кроме того, могут быть предусмотрены режимы ограничения максимальной и минимальной мощности электропривода, минимальной рабочей частоты и других параметров.

4. Система сигнализации электропривода сообщает о следующем: наличии напряжения питающей сети; включенном/отключенном состоянии; аварийном отключении и др.

Дополнительная информация о состоянии электропривода выводится на дисплей пульта управления в виде текстовых сообщений или кодов. Для получения высокого качества управления электроприводом в статических и динамических режимах в широком диапазоне регулирования скорости, в том числе в области нулевых скоростей, необходимо иметь возможность быстрого непосредственного управления моментом электродвигателя.

Современные средства микропроцессорной техники позволяют формировать сложные законы управления асинхронным двигателем, близкие по качеству регулирования момента, скорости и других величин к электроприводам с двигателями постоянного тока. Это становится возможным, если отдельно воздействовать на две составляющие статорного тока



асинхронного двигателя: намагничивающую, определяющую значение магнитного потока двигателя, и ортогональную ей составляющую тока, определяющую момент двигателя, такое векторное представление составляющих тока для каждой фазы двигателя получило название векторного управления. Иными словами, в асинхронном двигателе необходимо обеспечить управление как амплитудой, так и фазой тока статора, т.е. оперировать векторными величинами, чем и обусловлен термин векторное управление. Синонимами данного термина, отражающими некоторое различие используемых методов измерения параметров и управления их фазой, являются: "управление полем", "ориентация поля", "прямое управление моментом", "регуляторы угла".

Основным узлом векторного управления является преобразователь сигналов задания магнитного потока и момента в сигналы задания токов для фаз двигателя. В системах микропроцессорного управления асинхронным двигателем эта задача решается программными средствами. По соображениям универсальности и массового выпуска подавляющее число фирм производят частотно-регулируемые электроприводы с возможностью реализации для них векторного управления, применение которого целесообразно для электроприводов, работающих в динамических режимах. Для электроприводов рабочих машин с редкими пусками продолжительного режима работы со спокойной нагрузкой векторное управление является функционально избыточным.

В настоящее время в частотно-регулируемых электроприводах мощностью до 1 МВт используются IGBT-инверторы, а в электроприводах большей мощности GTO или IGCT-инверторы. Звено постоянного тока состоит из неуправляемого выпрямителя и фильтра. Переменное напряжение питающей сети преобразуется в нем в напряжение постоянного тока.

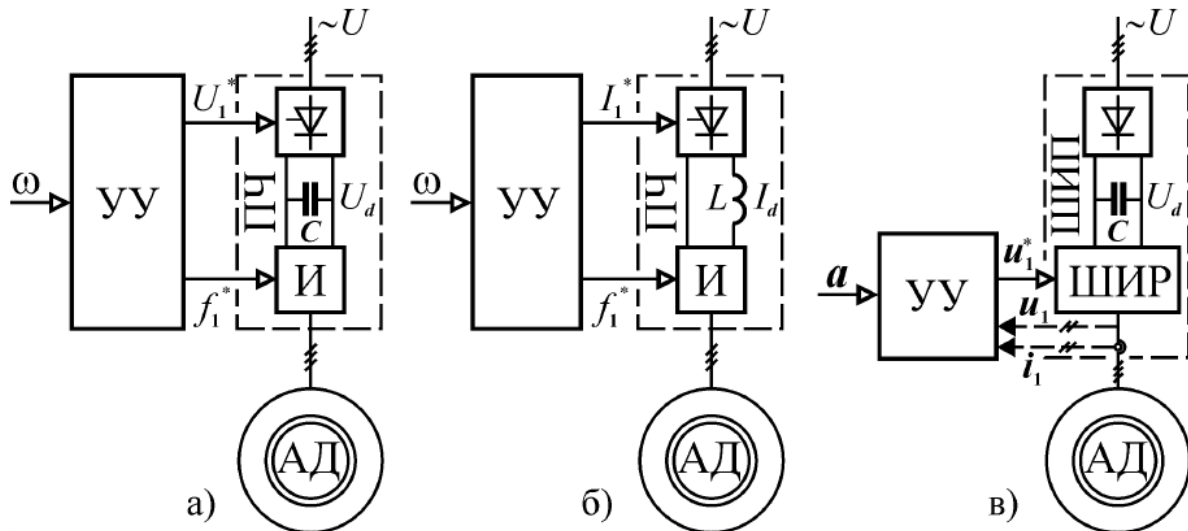
Силовой трехфазный импульсный инвертор состоит из шести транзисторных ключей. Каждая обмотка электродвигателя подключается через соответствующий ключ к положительному и отрицательному выводам выпрямителя. Инвертор осуществляет преобразование выпрямленного напряжения в трехфазное переменное напряжение нужной частоты и амплитуды, которое прикладывается к обмоткам статора электродвигателя.

В выходных каскадах инвертора в качестве ключей используются силовые IGBT-транзисторы. По сравнению с тиристорами они имеют более высокую частоту переключения, что позволяет вырабатывать выходной сигнал синусоидальной формы с минимальными искажениями.

Принцип работы преобразователя частоты

Большинство современных преобразователей частоты (ПЧ) построено по схеме двойного преобразования. Они состоят из следующих основных частей: звена постоянного тока, силового импульсного инвертора и системы управления [13].

На входе этих преобразователей устанавливается управляемый (рис. 5. а и б) или неуправляемый (рис 5 в) выпрямитель [14].



**Рис. 5. Функциональные схемы преобразователей частоты:**

*а – схема с накопительным конденсатором, б – схема с накопительным дросселем, схема с широтно–импульсным регулятором*

После преобразования выпрямителем энергии сети переменного тока в энергию постоянного тока, она поступает на вход инвертора (И) и затем снова преобразуется в энергию трехфазного переменного тока, питающего асинхронный электродвигатель (АД), но уже с регулируемыми параметрами, определяемыми устройством управления (УУ).

Таким образом, в ПЧ этого типа происходит двойное преобразование энергии, что несколько снижает его КПД, однако другие существенные преимущества этих преобразователей обеспечивают им доминирующее положение в современном регулируемом электроприводе.

Для энергетической развязки выпрямителя и инвертора между ними обязательно устанавливают накопитель энергии. В зависимости от вида этого накопителя – конденсатор или дроссель (рис. 5) – инвертор работает двух режимах: источника напряжения (ИН), источника тока (ИТ). Накопитель энергии необходим потому, что энергия постоянного тока чисто активная, а для формирования магнитных полей в двигателе нужен обмен реактивной энергией с источником питания, которую и обеспечивает накопитель.

При переходе АД в генераторный режим изменяется знак активной составляющей тока статора, т.е. ее фаза по отношению к напряжению. Этот ток и напряжение примерно соответствуют величинам на входе И, поэтому при изменении режима АД должно изменяться взаимное направление тока и напряжения в звене постоянного тока. Но, следует учитывать то, что в ПЧИН изменить направление может только напряжение, а в ПЧИТ – ток.

Изменение направления напряжения в ПЧИТ при сохранении направления тока приведет к тому, что УВ перейдет в режим инвертирования и избыточная электроэнергия будет возвращена в сеть.

В ПЧИН переход АД в генераторный режим приведет к изменению направления тока в инверторе. В этом случае избыточная энергия не может



быть возвращена в сеть через выпрямитель из за односторонней проводимости его ключей. Она может либо рекуперироваться ведомым сетью инвертором, включенным встречно-параллельно с УВ, либо быть рассеянной на тормозном резисторе, включаемом с этой целью на входе инвертора.

Таким образом, ПЧИТ обеспечивает двухстороннее направление обмена энергией между АД и сетью без применения дополнительных устройств и, следовательно, работу двигателя в двух квадрантах механической характеристики (генераторном и двигательном), в то время как ПЧИН только в одном квадранте (двигательном).

Тем не менее, более распространенными на практике являются ПЧИН. Это связано с тем, что большая часть задач регулирования привода не требует работы АД в генераторном режиме, а кратковременные попадания в эту область связаны с умеренным количеством производимой энергии, которая вполне может рассеиваться тормозным резистором. Кроме того, дроссель обладает существенно худшими массогабаритными показателями по сравнению с конденсатором.

Другой класс преобразователей со звеном постоянного тока составляют устройства, в которых функции регулирования обоих выходных параметров (амплитуды и частоты) возложены на инвертор, а в выпрямителе используются неуправляемые диоды. Такой тип ПЧ относят к широтно-импульсным преобразователям (ШИП рис. 5 в), а инвертор, работающий в режиме широтно-импульсной модуляции – к широтно-импульсным регуляторам (ШИР). В настоящее время, благодаря развитию силовой электроники и, прежде всего, появлению силовых транзисторов с изолированным затвором (IGBT – insulated gate bipolar transistor), этот тип ПЧ стал наиболее распространенным. Поэтому мы остановимся на его устройстве более подробно в следующем разделе.

Широтно-импульсное управление характеризуется периодом модуляции, внутри которого обмотка статора электродвигателя подключается поочередно к положительному и отрицательному полюсам выпрямителя. Длительность этих состояний внутри периода ШИМ модулируется по синусоидальному закону. При высоких (обычно 2...15 кГц) тактовых частотах ШИМ в обмотках электродвигателя, из-за их фильтрующих свойств, текут синусоидальные токи.

Таким образом, форма кривой выходного напряжения представляет собой высокочастотную двухполярную последовательность прямоугольных импульсов. Частота импульсов определяется частотой ШИМ, длительность (ширина) импульсов в течение периода выходной частоты АИН промодулирована по синусоидальному закону. Форма кривой выходного тока (тока в обмотках асинхронного электродвигателя) практически синусоидальна.

Второй способ получил распространение в современных преобразователях частоты благодаря развитию современной элементной базы (микропроцессоры, IGBT-транзисторы). При широтно-импульсной модуляции форма токов в обмотках статора асинхронного двигателя получается близкой к синусоидальной благодаря фильтрующим свойствам самих обмоток.

Такое управление позволяет получить высокий КПД преобразователя и эквивалентно аналоговому управлению с помощью частоты и амплитуды





напряжения. Современные инверторы выполняются на основе полностью управляемых силовых полупроводниковых приборов – запираемых GTO-тиристоров, либо биполярных IGBT-транзисторов с изолированным затвором.

Но при использовании ПЧ ухудшается электромагнитная обстановка из-за увеличения содержания высших гармоник тока и напряжения в электрической сети, как показано на рис.6 и 7 – эти результаты получены авторами статьи при проведении энергетических обследований.

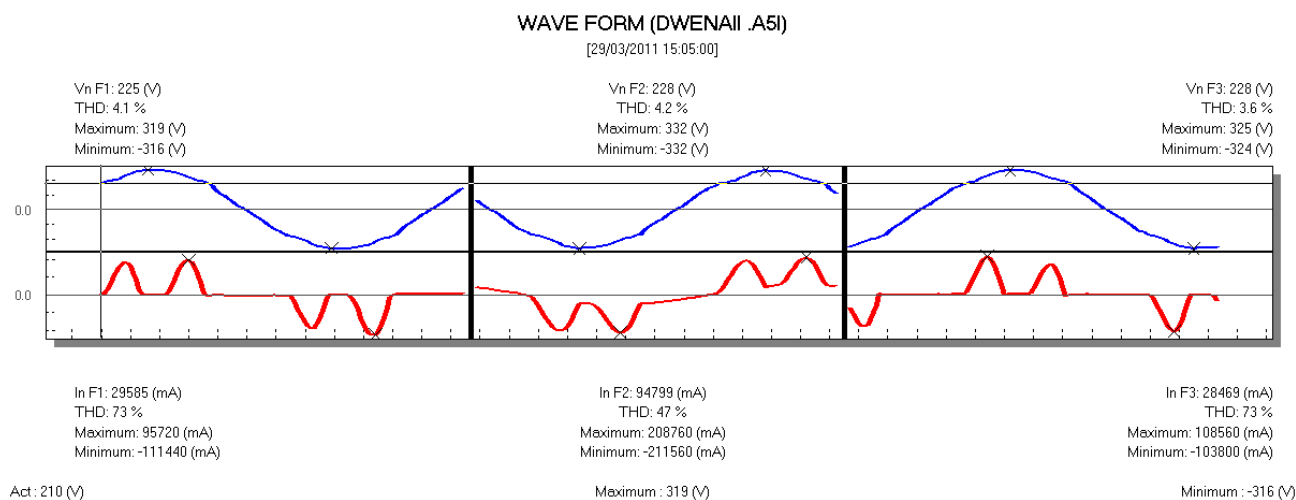


Рис. 6. Графики форм напряжения и тока

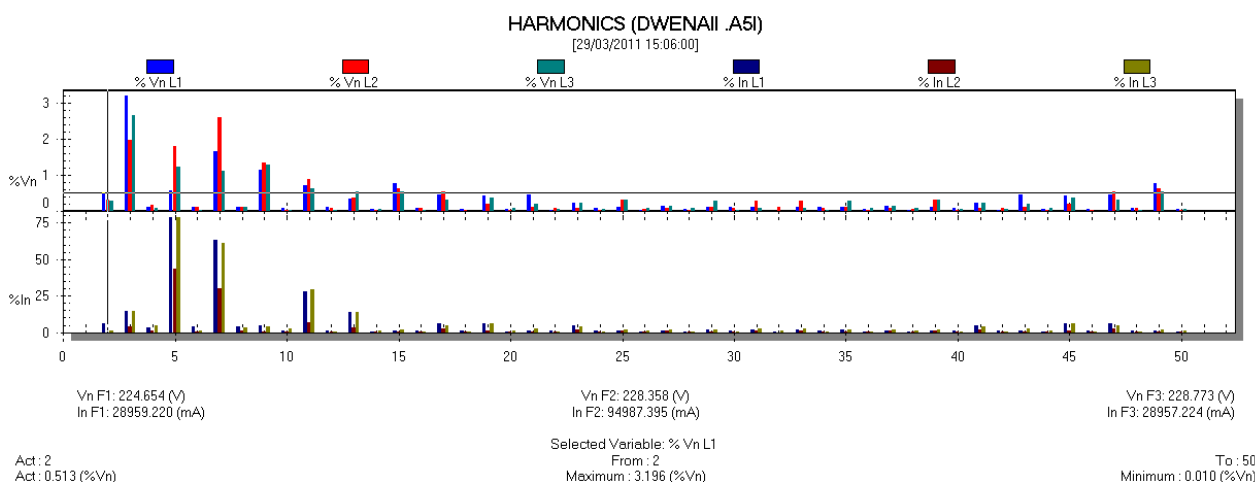


Рис. 7. График значений гармоник тока и напряжения

Как видно из рис. 6 и 7, кривые фазных токов имеют большие искажения, и в потребляемых токах фаз содержатся значительные гармоники, особенно пятая, седьмая и одиннадцатая.

### Выводы

В представленной работе рассматривались вопросы повышения эффективности использования электрической энергии в системах водоснабжения. Показано, что вода в настоящее время является одним из наиболее важных ресурсов и потребление водных ресурсов в мире непрерывно возрастает, что приводит к увеличению актуальности энергосберегающих



мероприятий на насосных станциях различного назначения.

Проведено сравнение способов регулирования производительности насосных агрегатов. Выявлено, что регулирование подачи воды за счет изменения оборотов рабочего колеса насоса обеспечивает снижение расхода электроэнергии по сравнению с регулированием путем изменения положения задвижки. Наиболее перспективным способом изменения оборотов рабочего колеса является применение частотно-регулируемого привода. Но электронные преобразователи, входящие в состав такого привода, могут негативно воздействовать на качество электрической энергии, как показано в настоящей работе.



## CHAPTER 4. THE DEVELOPMENT OF THE 3D PRINTING CONCEPT OF FORM BLOCKS

DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-020

### Вступ

В теперішній час технології 3D-друку відкривають нові можливості в самих різних областях діяльності людини. 3D-друк дозволяє створити тривимірну модель будь-якого виробу на комп'ютері і за лічені хвилини, отримати повноцінний фізичний об'єкт, що відповідає заданим параметрам. Обмеження є лише конструкція та розміри 3D-принтерів.

Переваги використання сучасних 3D-принтерів очевидні: зниження собівартості виготовлення продукції і скорочення термінів її появи на ринку, моделювання елементів будь-якої форми і складності, швидкість і висока точність виготовлення, можливість використання різних матеріалів.

В області промислового виробництва для проектування нової продукції завжди потрібне створення моделей - прототипів майбутньої продукції. Для цих цілей застосовуються такі традиційні способи, як механічна обробка. На виготовлення прототипу зазвичай йдуть тижні або навіть місяці кропіткої роботи. Це досить дорогий етап виробництва. 3D-принтер дозволяє істотно прискорити весь технологічний процес - можна одержувати готові прототипи на протязі однієї робочої зміни.

Завдяки використанню тривимірних принтерів скорочується час на конструкторські роботи, набагато більш оперативно приймається рішення про запуск виробу в серію.

Метою даної роботи є створення простого в експлуатації концепту 3D-принтеру та друку форм на лінії з виготовлення фасонних блоків і будівельних частин, які використовуються в промисловому і цивільному будівництві.

Особливо актуальним на теперішній час є розробка універсальної моделі 3D-принтеру, який зможе працювати в умовах промислового виробництва.

### 4.1. Огляд концептів 3D-принтеру

3D-принтер представляє собою високотехнологічне обладнання, яке служить для створення різних об'єктів з декількох шарів, при цьому в якості зразка використовується тривимірна модель. Для створення певних моделей використовуються спеціальні програми, які призначені для тривимірного моделювання.

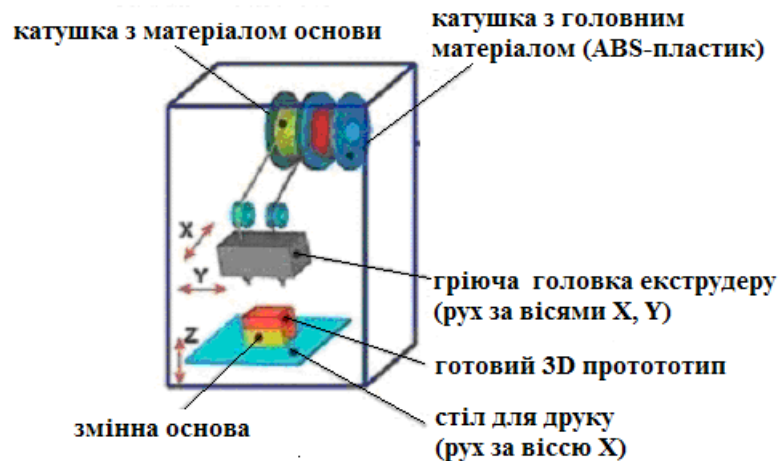
3D-принтери можна класифікувати:

- за кінематичною схемою;
- за технологією друку;
- на монохромні, що друкують одним кольором та кольорові, що дозволяють створювати різнокольорові фізичні об'єкти;
- принтери з здатністю 3D-прототипування. Такі пристрої дозволяють виготовляти найдрібніші деталі.

З побудованої моделі 3D-принтеру (рис. 1) об'єкт друку повинен



переміщатися в трьох площинах: вправо-вліво (вісь  $X$ ), вперед-назад (вісь  $Y$ ) і вгору-вниз (вісь  $Z$ ).



**Рис. 1. – Просторова модель 3D-принтеру**

Можуть бути різні варіанти друку, наприклад, коли головка має одну ступінь свободи (піднімається в площині  $Z$ ), а робочий стіл з об'єктом рухається в двох інших або навпаки – стіл опускається, тоді як екструдер переміщається над ним по осях  $X$  і  $Y$ . Ці відмінності кінематичної частини, реалізовані в деяких поширених моделях 3D-принтерів. Головна умова, щоб це не стало на заваді повноцінному процесу побудови деталі.

Перша і найчисленніша група 3D-принтерів: екструдер переміщається по осях  $X$  і  $Z$ , а по осі  $Y$  переміщається платформа.

З найбільш популярних принтерів що входять в цю групу це Prusa Mendel, PrintrBot, та інші Rep-Rap-подібні конструкції. Відмінною їх особливістю є відкрита платформа і два трикутних елементи розташованих з боків. Це спрощує процес складання, але породжує масу проблем, пов'язаних з недостатньою жорсткістю несучих елементів каркасу, що призводить до паразитних вібрацій від яких страждає точність друку.

Друга група. У конструкцію PrintrBot'а Брукома Драмма були внесені деякі зміни, які покликані поліпшити жорсткість несучої рами. Для цього відмовились від трикутного каркаса і зробили важчою основу з одночасним розміщенням там електронних компонентів.[1]

Третя група. Схема, за якою друкуючий вузол переміщається по осі  $X$ , а робочий стіл - по осях  $Y$  і  $Z$ , не отримала широкого поширення внаслідок складної реалізації конструкції і налагодження пристрою.

Четверта група. Це так звані дельта-принтери. Принтери, в яких робочий стіл нерухомий, а переміщається тільки друкуюча голівка екструдера, що приводиться в рух трьома маніпуляторами розташованими навкруги.

Види 3D-принтерів за технологією друку:

1) принтери які видавлюють або виливають або розпилюють - FDM (fused deposition modeling). Це принтери, які видавлюють матеріал шар за шаром через сопло-дозатор. Наприклад, принтери Stratasys, різні кулінарні принтери (використовують глазур, сир, тісто), медичні - друкують "живими чорнилом"



(коли набір живих клітин поміщається в спеціальний медичний гель які використовується далі в біомедицині);

2) технологія Polyjet, яка була винайдена ізраїльською компанією Objet. В даній технології фотополімер маленькими дозами вистрілюється з тонких сопел, як при струменевому друку, і відразу полімеризується на поверхні під впливом ультрафіолетового випромінювання.

Переваги технології: а) товщина шару до 16 мікрон; б) швидко друкує, так як рідину можна наносити дуже швидко. Недоліки технології: а) друкує тільки з використанням фотополімеру – вузькоспеціалізований, дорогий пластик, який чутливий до ультрафіолету і досить крихкий.

3) LENS (Laser Engineered Net Shaping) технологія. Матеріал у формі порошку видувається з сопла і потрапляє на сфокусований промінь лазера. Частина порошку пролітає повз, а та частина, яка потрапляє у фокус лазера спікається і шар за шаром формує тривимірну деталь. За такою технологією друкують сталеві і титанові об'єкти. Порошок різних матеріалів можна змішувати і отримувати таким чином сплави при литті.

4) LOM (laminated object manufacturing) технологія. Тонкі ламіновані листи матеріалу вирізаються за допомогою ножа або лазера і потім спікаються або склеюються в тривимірний об'єкт: укладається тонкий лист матеріалу, який вирізається по контуру об'єкта, таким чином виходить один шар, на нього укладається наступний лист і так далі. Після цього всі листи пресуються або спікаються.

Таким чином друкують 3D-моделі з паперу, пластику або з алюмінію. Для друку моделей з алюмінію використовується тонка алюмінієва фольга, яка вирізається по контуру шар за шаром і потім спікається з допомогою ультразвукової вібрації. [1-3].

#### **4.2. Розробка концепту 3D принтеру для промислового друку форм для виготовлення будівельних матеріалів**

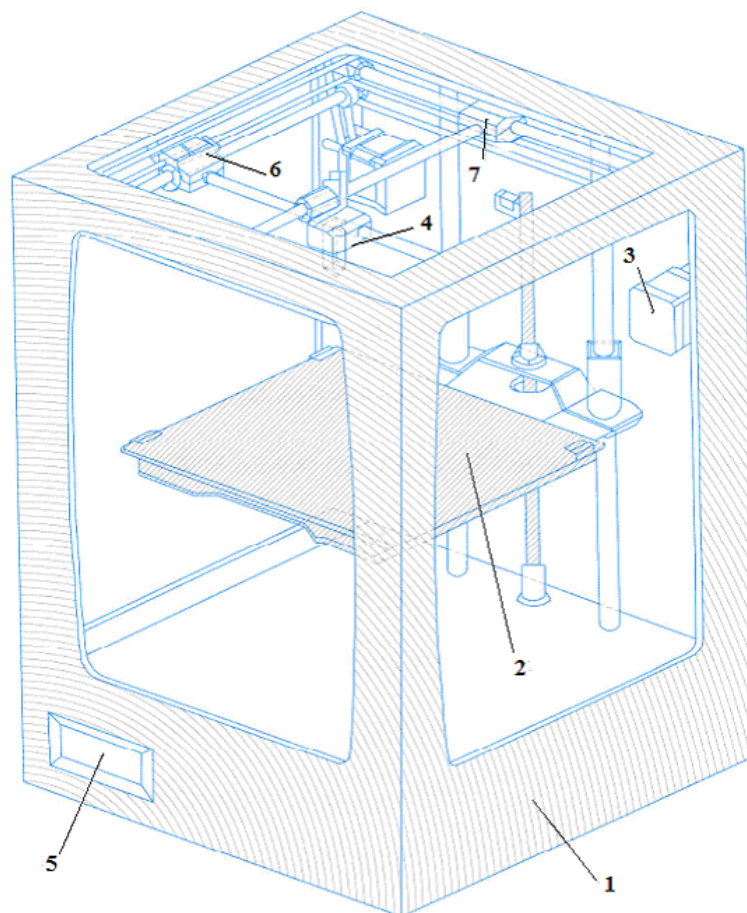
В теперішній час технологія, яка стала найбільш поширеною – це пошарове наплавлення, в якій та у всіх інших розглянутих технологіях, модель при друку створюється пошарово. Але за технологією FDM для виготовлення чергового шару термопластичний матеріал нагрівається в друкуючій головці до напіврідкого стану і видавлюється у вигляді нитки через сопло з отвором малого діаметра, осідаючи на поверхні робочого столу (для першого шару) або на попередньому шарі, з'єднуючись з ним. Головка переміщується в горизонтальній площині і поступово «малює» потрібний шар - контури і заповнення між ними, після чого відбувається вертикальне переміщення, найчастіше опусканням столу, на товщину шару і процес повторюється до тих пір, поки модель не буде побудована повністю.

Але при друку великогабаритних деталей, які мають значну масу, необхідно передбачити піднімання головки екструдера по осі Z. В розробленому концепті 3D-принтеру передбачено, що висоту столу можна змінювати в залежності від висоти форми.

Так як моделі 3D-принтерів в інших технологіях мають дуже складну



конструкцію було зроблено так, щоб корпус був максимально легким в монтажу та демонтажу (рис. 2). Така концепція допоможе в проведенні профілактичних роботах та дозволить об'єднати шляхи його модернізації. При незначній заміні нагрівального столу і ходових частин можна збільшити його габарити що дозволить збільшити його продуктивність.



**Рис. 2. Концепт 3D-принтеру для промислового друку матеріалів:**  
**1 – збірний корпус, 2 – нагрівальний стіл, 3 – електродвигун, 4 – друкуюча голівка, 5 – цифровий екран, 6 – вісь X, 7 – вісь Y.**

Також була зроблена заміна усіх деталей, які швидко зношуються. Наприклад, пересувні ролики з пластику замінили на ролики зі сплаву алюмінію АЛ9, так як вони мають більшу міцність та довговічність, тобто властивості матеріалу, які характерні саме для промислових умов.

Окремо розглянули, те, що найбільш важлива частина будь-якого 3D-принтера це друкуюча голівка. Вона складається з нагрівача, в якому нитка або пруток заданого матеріалу розплавляється і потім видавлюється через сопло з діаметром отвору в межах 0,15-0,5 мм, а також механізму, що забезпечує дозовану подачу матеріалу в нагрівач, який є екструдером.

Так як робота печатної голівки проходить при високих температурах, це не дозволяє 3D-принтеру працювати постійно. Але друку великогабаритних деталей і виробів потребує значно більшого часу, тому було розроблене конструкційне рішення по збільшенню швидкості охолодження печатної



головки шляхом встановлення додаткової охолоджувальної системи на верхню частину апарату.

Виготовлення трьовимірних печатних функціональних деталей з композиційних матеріалів із складною формою та внутрішньою структурою, володіючих високими фізико-механічними характеристиками, є складною задачею.

Тому в конструкції 3D-принтеру при друці складних виробів можливо передбачити механізм подачі пластикової нитки, механізм подачі арміруючого волокна, механізм для запікання армуючого волокна, подачі пластику для пластикового волокна, подачі трубопроводів для арміруючих волокон та їх виробничих волокон, який містить в собі нагрівач, термопару або термістор, два вхідних канала - канал для арміруючого волокна і канал для пластикової нитки, і сопло з вихідним каналом для армованого пластику, при цьому канал для пластикової нитки з'єднаний з каналом для армуючого волокна всередині нагрівального блоку, а вхідний канал для армуючого волокна розташований співвісно з вихідним каналом для армованого пластику.[4].

Оскільки температура плавлення більшості матеріалів для 3D-принтера достатньо висока 200-250°C і вище, то необхідно забезпечити розплавлення матеріалу саме в соплі і уникнути нагріву екструдера.

Сопло 3D-принтера є витратним матеріалом: його отвір діаметром 0,15-0,2 мм з часом засмічується, припадаючи нагаром. Очищенню підлягають лише отвори діаметром 0,4-0,5 мм.

У більшості сучасних 3D-принтерів заміна сопел не передбачена. Тому актуальною задачею є підвищення працездатності 3D-принтера за рахунок забезпечення тривалої прохідності перетину сопла. Так як сопло є найбільш вразливою частиною 3D-принтера, в роботі розглянуто способи його захисту від корозії, нагару та засмічення. Запропоновано використання нікелевих або мідних покриттів для захисту сопла 3D-принтера від корозії, нагару та засмічення [5].

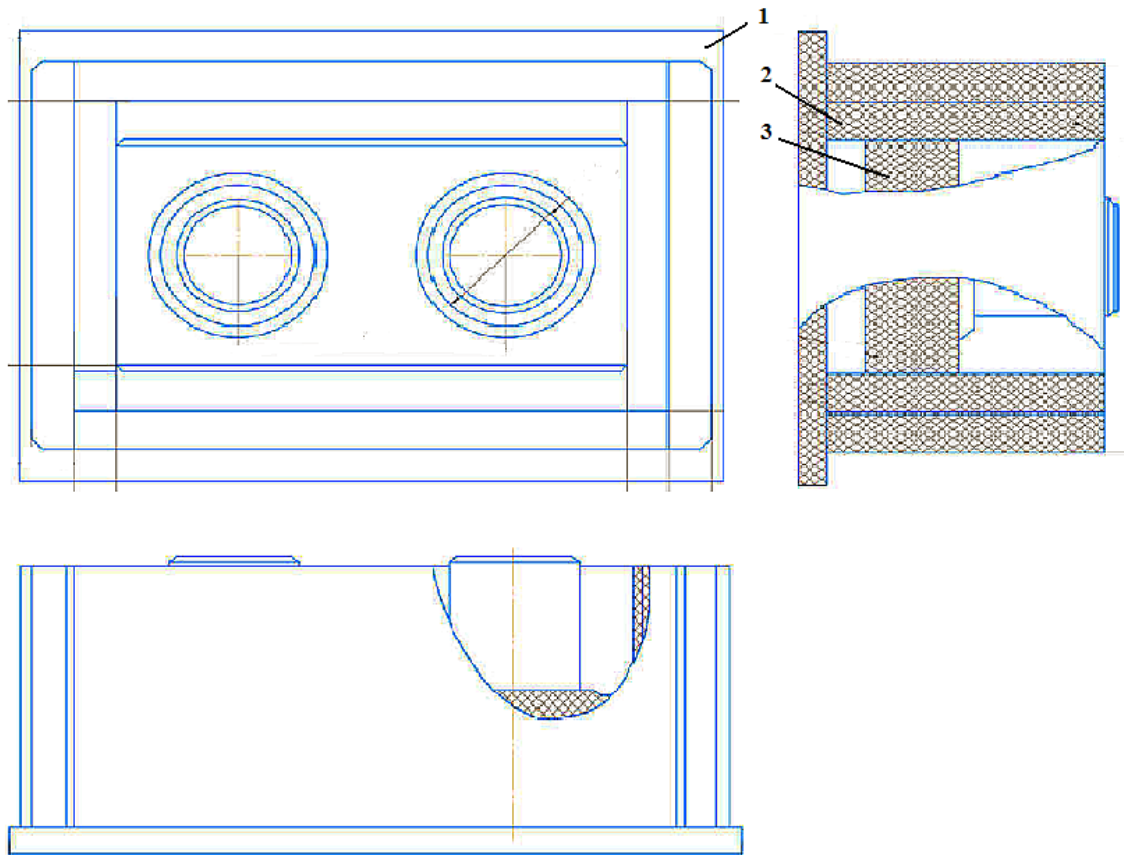
### 4.3. Виготовлення форм і матриць на 3D-принтері та їх утилізація

У зв'язку з великим обсягом будівництва в Україні виникає потреба у фасонних блоках певної форми та розмірах, включаючи нестандартні блоки унікальної форми. В роботі запропоновано виготовлення фасонних блоків за допомогою друку форм і матриць на 3D-принтері з наступним виготовленням за звичайною технологією в умовах серійного виробництва [6].

Характеристики збірного блоку розробляли виходячи з конструкції та розмірах 3D-принтеру. Для тестування нової лінії була розроблена модель матриці з ABS-пластику стандартного збірного леґо-блоку (рис. 3).

Сама матриця складалась з двох частин: повністю литого корпусу (1) з можливістю регулювання розміру блоку за допомогою вставних частин (2 та 3).

В промисловості будівельних матеріалів тип лиття фасонних блоків та його товщина дозволяють багаторазово використовувати надруковану форму. При деформації полімерної форми її можливо швидко замінити на відміну від існуючих металевих аналогів.



**Рис. 3. Матриця з ABS-пластику збірного лего-блоку: 1 – литий корпус, 2 – вставна частина для ширини, 3 – вставна частина для висоти**

Для друку форм і матриць доцільно використовувати ABS-пластик, який стійкий до вологи, кислот і масла, має досить високі показники термостійкості - від  $90^{\circ}\text{C}$  до  $110^{\circ}\text{C}$ . Для запобігання руйнуються під впливом прямого сонячного світла, що дещо обмежує застосування полімерних форм, ABS-пластик легко піддається фарбуванню, що дозволяє наносити захисні покриття на немеханічних елементах.

Незважаючи на відносно високу температуру розм'якшення (близько  $100^{\circ}\text{C}$ ), ABS-пластик має відносно невисоку температуру плавлення, яка, з огляду на аморфність матеріалу, не має визначеної точки. Тому прийнятною температурою для екструзії ABS-пластику вважається  $180^{\circ}\text{C}$ . Для більшого зниження липкості поверхню форми необхідно обробляти розчином ацетону або покрити гелікоутом [7].

Для економії коштів та екологічності розробленого концепту вживані форми запропановано подрібнювати та переробляти у вихідну полімерну нитку для друку на екструдері Filabot Wee, який пристосований для переробки ABS-пластику.

### **Висновки.**

Для даного проекту був розроблено концепт 3D-друку форм для фасонних блоків та модель 3D-принтеру, який за своїми характеристиками значно перевищує відомі аналоги: має більші показники продуктивності та працездатності в умовах виробництва і немає недоліків, які мають усі серійні





моделі звичайних (побутових) 3D-принтерів.

В роботі рекомендовано 3D-друк форм для фасонних блоків в технологічний процес виготовлення будівельних матеріалів для покращення їх конструкції та збільшення асортименту продукції.

Запропонована інноваційна технологія виготовлення фасонних блоків нової конструкції, яка складається з наступних етапів:

1. Друк леґо-форми на 3D-принтері.
2. Заливка сировини у леґо-форму.
3. Виготовлення фасонного блоку стандартним способом.
4. Переробка леґо-форм, що вийшли з ладу.

Таким чином, пропонується новий спосіб виготовлення будівельних матеріалів при незначній модернізації технологічної лінії.



## CHAPTER 5. THE USE OF THREE-DIMENSIONAL MODELING FOR HUMAN SPINE DIAGNOSTICS AND TREATMENT

DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-048

### Introduction

Today three-dimensional modeling [1-8] is widely used in different branches of medicine because it helps to increase the reliability of diagnostics and conducting rehabilitation measures.

During diagnostics, three-dimensional model of the human body [1, 5, 7] helps to obtain objective parameters reflecting the condition of the osteomuscular system. Such detailed information cannot yet be given by any other currently existing technology for detecting problems of the locomotor apparatus.

Obtained data is processed by the computer and a voluminous model is displayed on the screen together with all the qualitative and quantitative indicators of the human body in calm state and in movement as well as a pictorial diagram of the smallest deviations from the norm and all the weak points of the locomotor apparatus.

It gives an opportunity of using three-dimensional modeling effectively in medicine for diagnostics, treatment and rehabilitation.

### 5.1. Analysis of the task status

The problem of diagnostics of the back is very important today.

According to medical statistics, 40-80% of people feel pain in the back in the lower portion of the spine [8]. In 10-20% of patients of employable age, acute pain in the spine becomes chronic. This category of patients often has an unfavourable prognosis for complete recovery so that the expenses of health care system for the treatment of persons of employable age suffering from chronic back pain in the spine region make up almost 80% of all the funds directed to the treatment of this symptom.

Postural disorders in people are becoming an ever more frequent phenomenon with each year. Thus, according to statistical data [8], this pathology in some form or other is found in 28% of children aged between 7 and 9 years, in 36% of children aged 10-14 years and in more than 41% of children aged 15-17 years! On the whole, up to 80% of the world population suffers from various postural disorders.

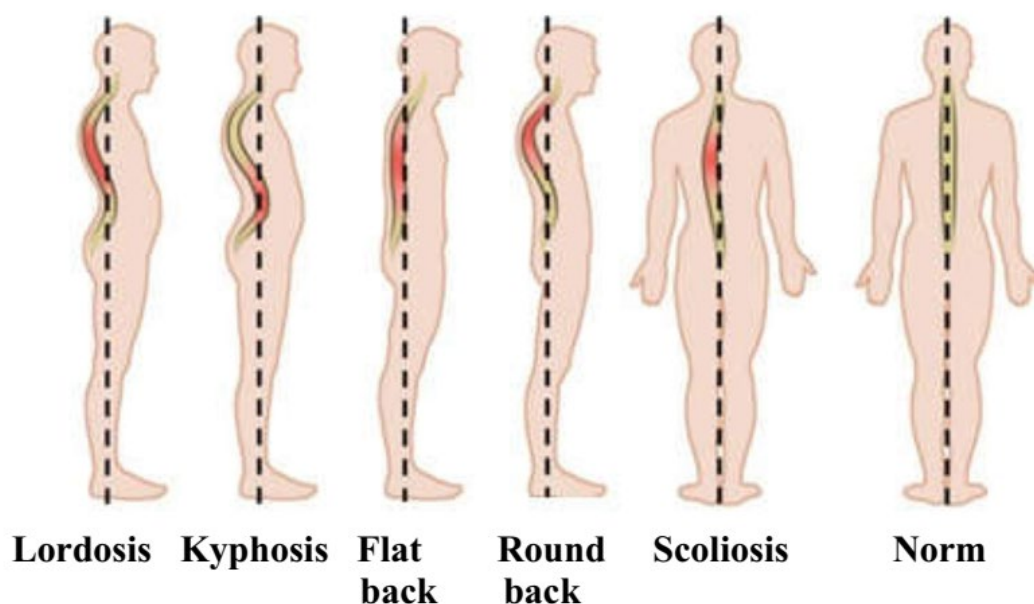
Backward curvature of the spine is called kyphosis. This physiological curvature is observed only in the thoracic portion of the vertebral column and is considered normal if the angle formed is no greater than 45 degrees. However, the thoracic portion, in particular, is more prone to pathological changes than any other portion of the spine. According to statistics of the World Health Organization, more than 70% of pathological kyphosis come from the thoracic portion, almost 20% are found in the sacrococcygeal region and only 10% come from the curvature of the cervical spine.

Backward curvature of the spine is called kyphosis. This physiological curvature is observed only in the thoracic part of the vertebral column and is considered normal if the angle formed is no greater than 45 degrees. Long-term clinical course of kyphosis leads to the appearance of a wedge-shaped vertebral deformity as well as to



the destruction of intervertebral cartilages. On the part of the muscular system, there is a sprain of back muscles as well as a functional disorder of muscles forming the anterior abdominal wall. Changes in the anatomical structure of the thoracic cavity lead to decreased rib mobility, disorders of intercostal muscle activity, impairment of respiratory function of the lungs.

Lordosis (fig. 1) is a saddleback-like spinal curvature in the sagittal plane; this disease complicates normal function of the heart, lungs and gastrointestinal tract. Patients suffering from lordosis experience metabolic disorders and deterioration of general health condition as well as rapid fatigability.



**Fig. 1. Types of spinal deformities**

Scoliosis (fig. 1) is a disease of the locomotor apparatus characterized by a curve of the spine in the frontal plane with a rotation (torsion) of vertebrae around their vertical axis. Formation process of a scoliosis deformity is a result of the interaction between the factors which disturb the vertical position of the spine and the adaptive responses directed towards maintaining the vertical position. Approximately in 80% of all cases the reason for appearance of curvatures is unknown.

Along with an increase in the curvature, there is an increased tendency for deterioration of problems of general health condition. Severe scoliosis can lead to deformity of torso and its shortening and can result in the decrease of the volume of the thoracic and abdominal cavities.

To determine the degree of scoliosis, doctors/diagnosticians measure the angle of the curve (fig. 2):

1. First-degree scoliosis is a curvature of up to 10 degrees.
2. Second-degree scoliosis is a curvature from 10 to 25 degrees.
3. Third-degree scoliosis is a spinal curvature of 26-50 degrees.
4. Fourth-degree scoliosis is a spinal curvature of more than 50 degrees.

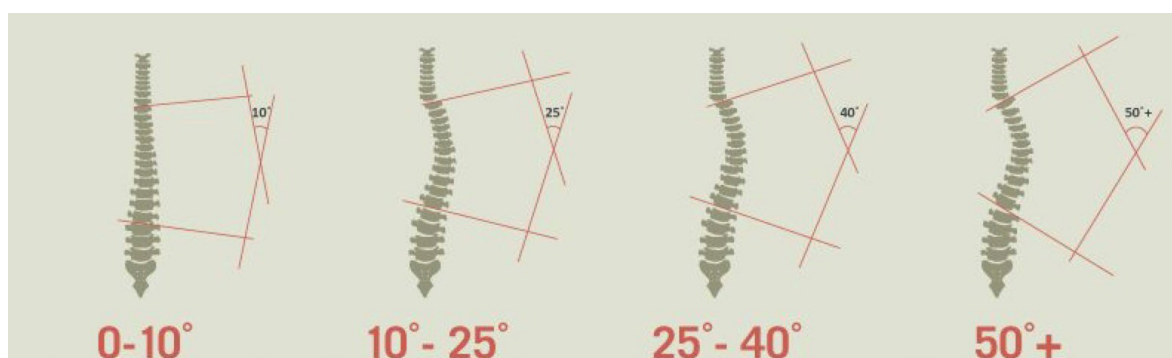
Medical professionals define a range of possible reasons for a spinal curvature, and namely:

- genetic predisposition;



- congenital scoliosis in children, congenital vertebral anomalies;
- different speed of healing in one side of the body;
- low density of bone tissue;
- high pressure on the spine and spinal injuries;
- concomitant diseases (osteoporosis, osteoarthritis, disc herniation);
- metabolic disorders;
- functional disorders of the central nervous system;
- muscle disorders.

Proper posture means, first of all, a balanced body position when the load on the spine is distributed evenly. Proper posture is based not only on the spine, but also on the muscles adjacent to the spine. These muscles keep the vertebral column in proper position.



**Fig. 2. Angles of spinal curvature**

Main signs of proper posture:

- Straight position of the head and spine;
- Symmetrical shoulder girdles and shoulder blades;
- Practically horizontal line of the clavicles;
- Symmetrical position of the buttocks;
- Spinous processes of the spine (protuberances) forming a vertical line;
- Equal leg length;
- Proper foot position (when you put your feet together, their inner surfaces are touching from the heels up to the tips of the toes).

Curvature of the spine is considered to be harmless.

Firstly, poor posture disturbs the even, natural line of bones of the skeleton which causes chronic muscle tension.

Secondly, curvature of the back leads to reduced lung volume (for 30% or even more). And the brain is the first to suffer from reduced oxygen volume: intellectual abilities and response speed are decreased, sleepiness and depression are increased as a result of oxygen deprivation.

And thirdly, poor posture disturbs the digestive process.

Doctors use a range of devices to examine the back. The most common one is a scoliometer (fig. 3), i.e. an instrument that measures the parameters of trunk asymmetry developing in case of scoliosis.

By its design, a scoliometer is a level with an arched cutout with degrees marked upon it. The level is put against the spine of the patient who is leaning forward. A ball rolling in the arched cutout indicates the angle of inclination of the surface of the



back in relation to the horizontal line. It is possible to conduct measurements of different regions of the back determining vertebral rotation which is one of the signs of scoliosis.



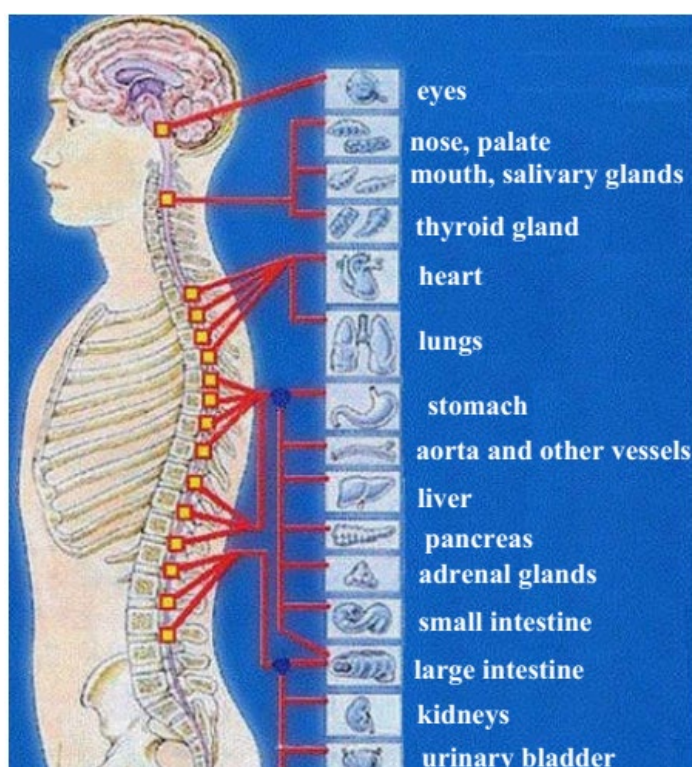
**Fig. 3. Scoliosimeter**



**Fig. 4. Measurement of vertebral arches**

There are also other mechanical devices (fig. 4). Their drawbacks include poor measurement accuracy, extended waiting period for results, contact measurement method and complexity of fixing the multiplicity of results.

There is a strong relationship between the condition of the spine and internal organs (fig. 5). The majority of organs of the human body are controlled by spinal cord through spinal nerves. Bad posture, excessive load that lead to the displacement of vertebrae, destruction or compression of intervertebral discs also lead to nerve compression. Connection of organs to the central nervous system is disturbed and signals coming from them are distorted. As a result, the brain receives incorrect information.



**Fig. 5 Interrelationship between the spine and internal organs**



Depending on the location of problematic vertebrae, certain organs suffer, for example, the nerves that come out of each vertebra and go to particular organs. There is a mutual relationship between the spine and internal organs. In some cases, it causes diseases of internal organs and in other cases disturbances of the function of organs are reflected on the condition of different regions of the vertebral column.

The provided data confirm the expediency of development and implementation of the new, effective methods for examination of the human spine.

### 5.2. Computer diagnostics of the spine condition

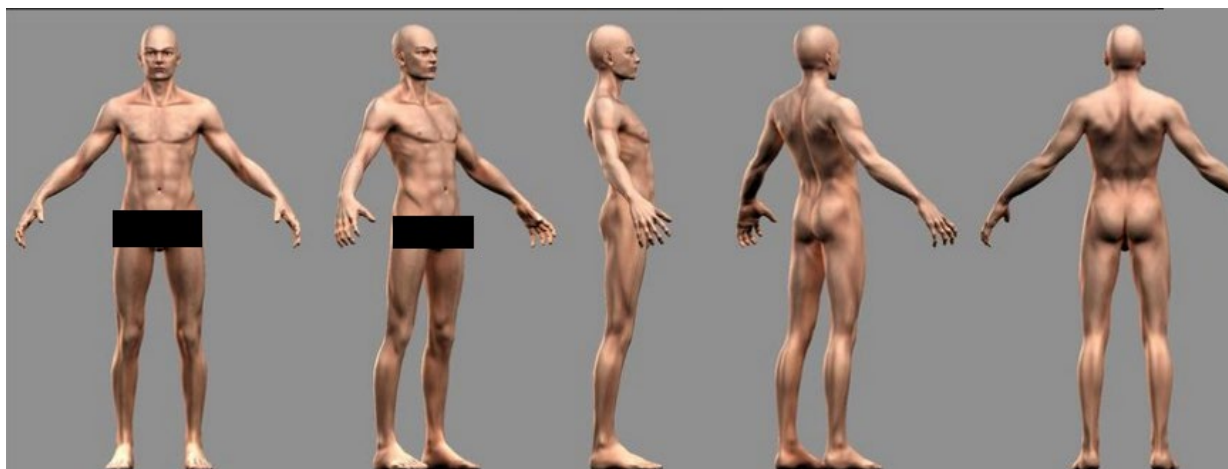
3D GENERATION LLC (<https://www.3dgeneration.com>) and its subsidiary 3D GENERATION UA are professionally engaged in the development and manufacture of high-resolution panoramic scanners which can be used effectively in medical practice. Fig. 4 represents one of them which includes 112 Logitech Rally cameras (960-001227) with each of them having a resolution of 8 megapixels. Three-dimensional scanning ensures high-accuracy colour imaging. Complex technologies and artificial intelligence are used to obtain photorealistic quality of 3D models.



Fig. 6. Panoramic scanners made by 3D GENERATION LLC



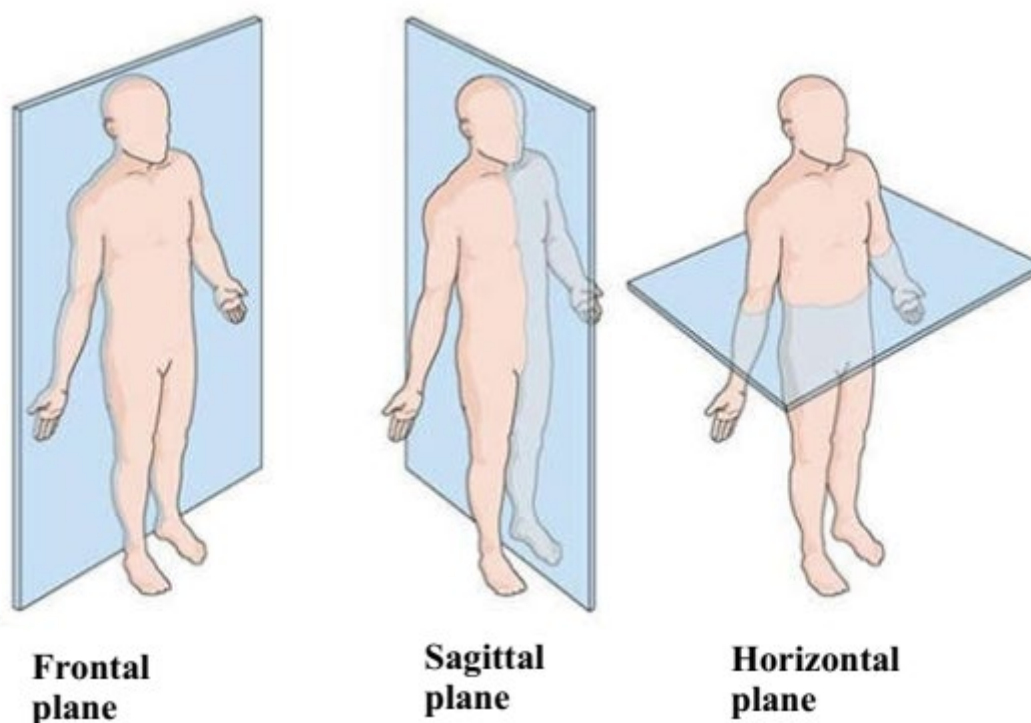
After obtaining a three-dimensional model (fig. 7), a person has an opportunity to examine the back in detail contrary to the regular photography which provides limited opportunities.



**Fig. 7. Three-dimensional model of the human body**

Methods of biophotogrammetry which are non-invasive methods of examination help to build a digital model of the human body surface with high precision and to visualize graphically its three-dimensional model.

Availability of three-dimensional model of the human body gives an opportunity to study intersections in the frontal, sagittal and horizontal planes which is very important for medical diagnostics.



**Fig. 8. Types of planes**

It is possible to move the planes for the purpose of examination and accordingly receive different intersections in order to obtain a more precise diagnosis.

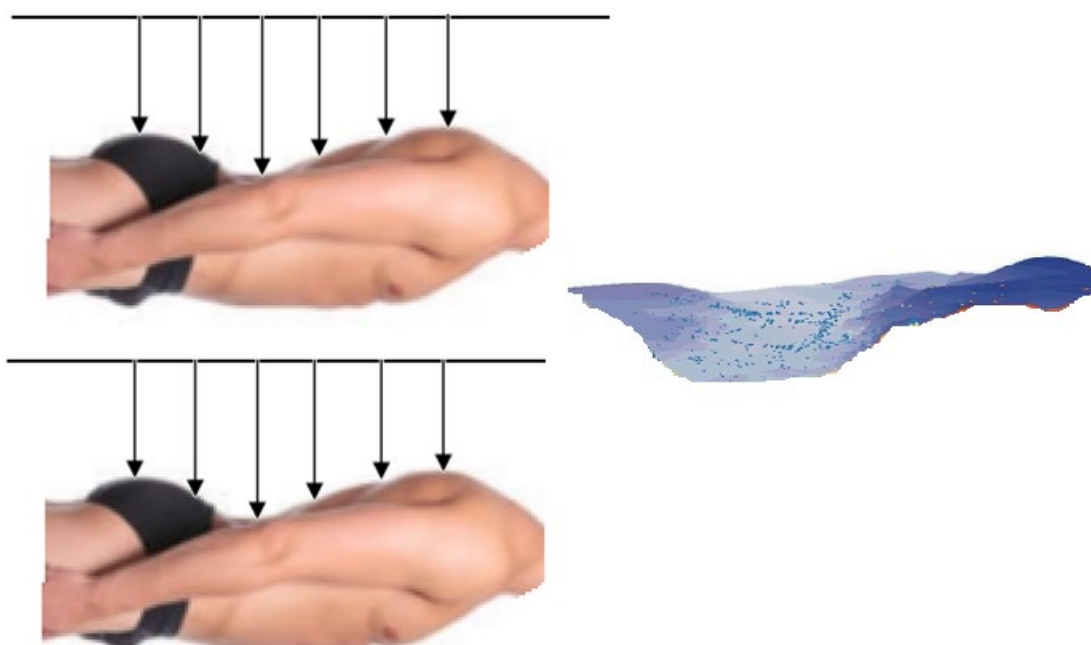


In the sagittal plane curvatures are regarded as the norm and straightening of curvatures is regarded as a pathology. On the contrary, in the frontal plane straight spine is normal and curvatures are regarded as a pathology (scoliosis).

After obtaining a three-dimensional model of the back, it is possible to evaluate its conformity with the standard of a healthy human being and a number of computerized studies are conducted for this purpose.

In other technologies, a patient cannot always see all his problems as it is quite hard and often impossible to evaluate yourself from the side. In the best-case scenario, an orthopaedist puts a patient before a mirror and shows him an existing pathology. That is, the patient's motivation is reduced to a minimum. Three-dimensional technology eliminates this serious drawback.

Availability of a 3D model of the back allows to compare surface patterns of the left and right regions of the back and to form an image of the surface which reflects a difference between them (fig. 9). This surface is of a high diagnostic importance. It can be used to make a spinal brace.



**Fig. 9. Comparison of symmetrical regions of the back**

Three-dimensional modeling allows for the fixity of scoliosis. For this purpose, two three-dimensional models of the back are formed over a single time interval. One model of the spine is formed with the patient standing and the other is formed in a supine position (in this case, glass surface is required). After this, the angle of spinal curvature is measured for both cases. In case of equal angles of curvature, scoliosis is considered to be fixed or stable. If in the supine position, i.e. in the unloaded state, the angle of curvature is smaller, then we are dealing with unstable or unfixed scoliosis.

Based on different locations of curvatures, the following types of scoliosis can be determined by using 3D models:

thoracic scoliosis, i.e. a curvature positioned only in the thoracic part of the spine;





lumbar scoliosis, i.e. a curvature positioned only in the lumbar part of the spine;  
thoracolumbar scoliosis, i.e. a curvature positioned only at the thoracolumbar junction;

combined scoliosis, i.e. a double S-shaped curve.

Three-dimensional model allows to measure the distance between the levels of scapular position (fig. 10). Difference of up to 1 cm is permissible and does not have a diagnostic meaning. Assessment of scapular position symmetry is important for diagnostics.



**Fig. 10. Examination of the back**

Availability of the three-dimensional model gives an opportunity to analyse surface geometry of symmetrical regions of the back (fig. 10). For this purpose, a pixel-by-pixel comparison of three-dimensional surfaces is performed. A doctor has an opportunity to perform a measurement between any given points and to determine the areas and volumes of anatomical structures.

An important peculiarity of three-dimensional modeling is a relatively easy procedure for diagnostics of lower extremity shortening.

Within the norm, in a healthy human there may be a discrepancy of up to 0,5 cm in the length of lower extremities. It can occur in 40-50% per 1,000 persons. The first sign of a gait disorder (limp) begins to manifest itself in case of a unilateral leg shortening for more than 2 centimetres. In case of 3 or more centimetres, the limp becomes more noticeable on one side.

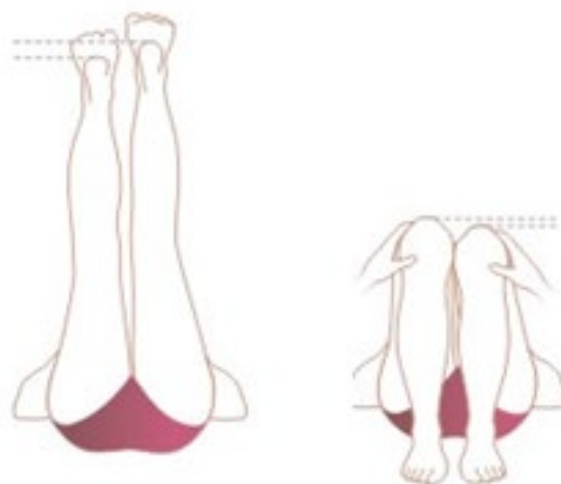
Persons with marked leg length discrepancy and limp get tired quicker than other people because biomechanics of both legs is disturbed and a person spends more energy.

During examination, there can be a difference in the level of position of anatomical reference points, i.e. shoulder blades, greater trochanters, popliteal spaces, anterior and posterior superior iliac bones and superior poles of the patella.

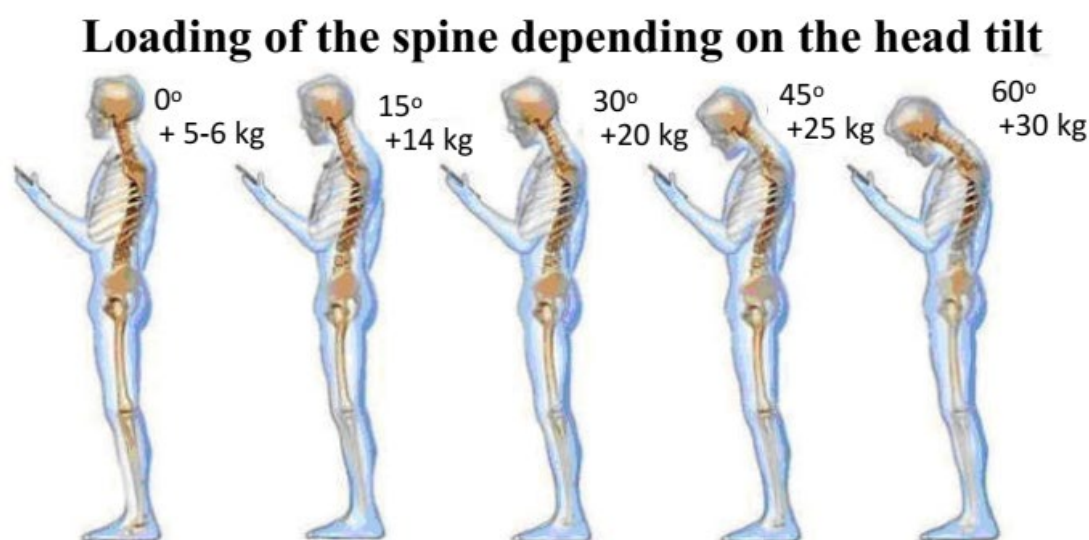
When even a single line is not parallel to other lines, then it means a functional shortening of the lower extremity and when all the lines are oblique and parallel to one another, than it means an anatomical shortening of the lower extremity.

Direct measurement of leg length is also possible as shown in fig. 11.

Head tilt and additional load on the spine can be easily determined (fig. 12) using the three-dimensional model. It has a significant importance for rehabilitation measures.



**Fig. 11. Measurement of leg length**



**Fig. 12. Loading of the spine depending on the head tilt**

Diagnostic importance of three-dimensional modeling significantly increases if certain images are projected onto the surface of the back. In the simplest case, they look like horizontal and vertical stripes.

Based on the form of overlapping stripes, a doctor can diagnose various spinal defects.

Stripes can be easily identified on the three-dimensional surface of the back because their colour differs from the colour of the skin. It allows to use computer processing.

It is possible to use various moiré patterns for different purposes depending on the diagnostics of certain disease.

Stripes can be easily identified on the three-dimensional surface of the back because their colour differs from the colour of the skin. It allows to use computer processing.

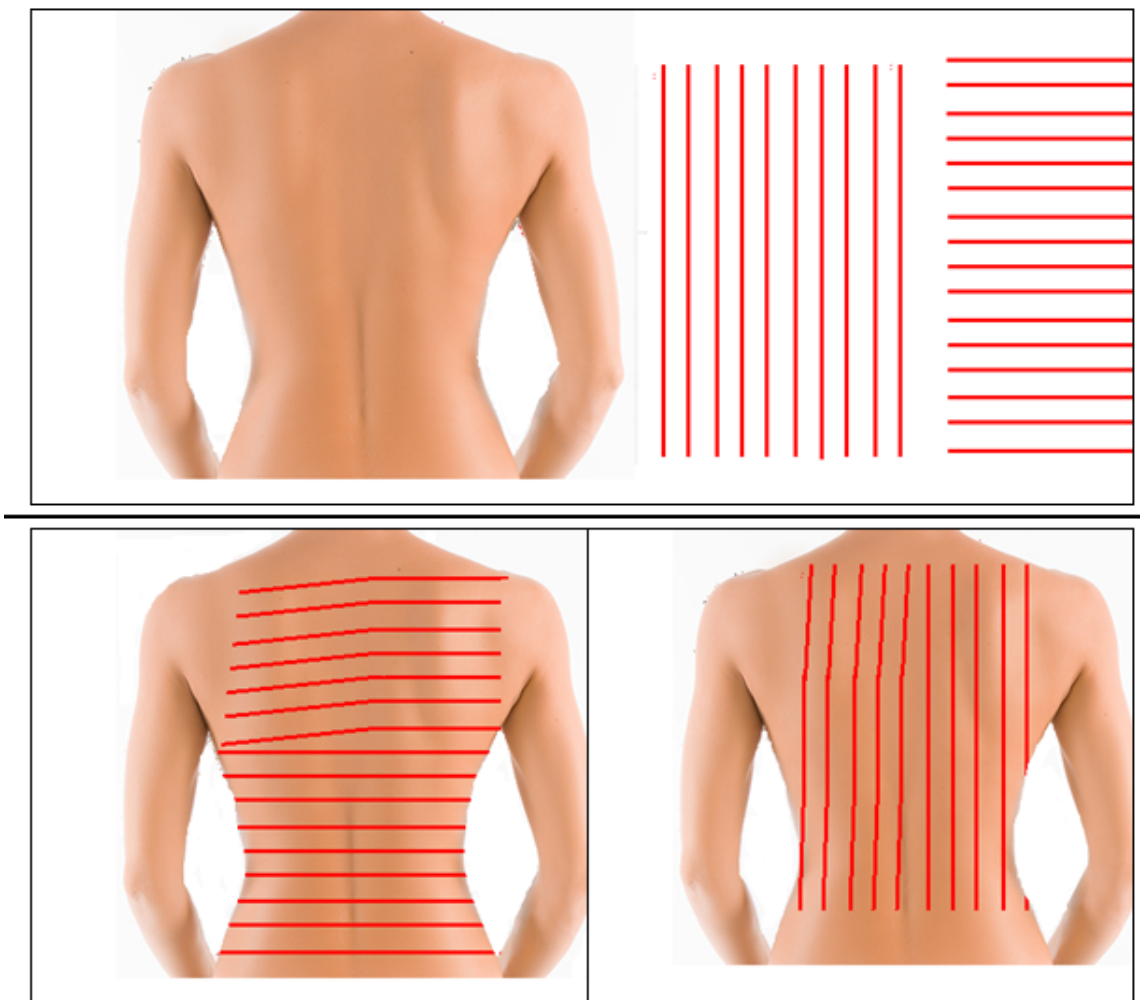
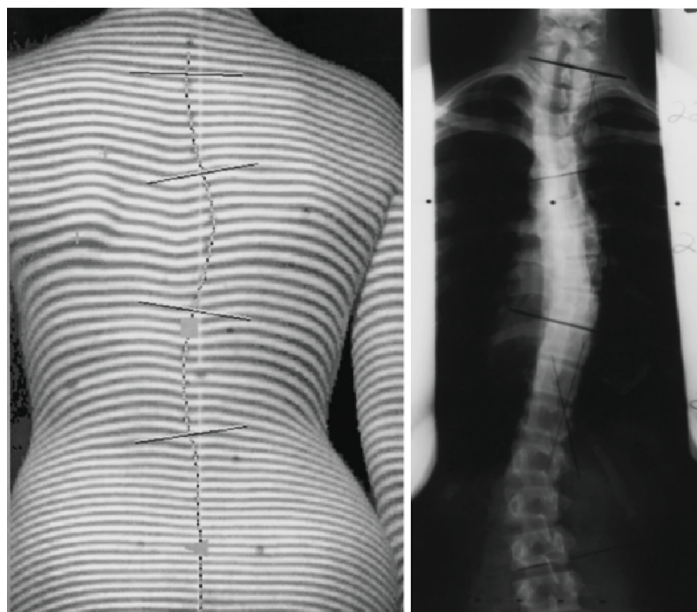


Fig. 12. Overlapping of stripe images



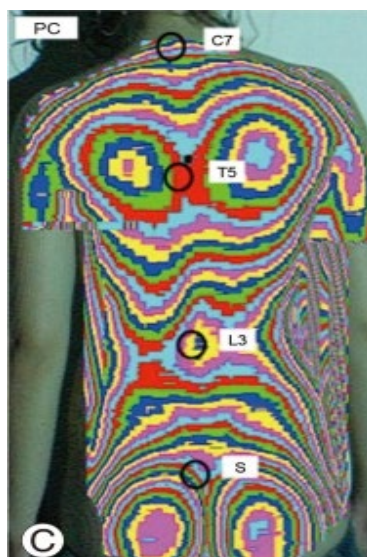
Fig. 13. Overlapping of moiré image

Based on the form of overlapping stripes, a doctor can diagnose various spinal defects (fig. 14).



**Fig. 14. Form of stripes in case of curved spine**

Based on the stripes, a computer program allows to measure a range of different body parameters, for example, volume and muscle tension to the left or right of the spine (fig. 15), flexions, rotations at different levels, difference in the height of shoulders, shoulder blades and hip bones, size of scoliotic arches and physiological curvatures and many others. The obtained data are used to choose an individual therapy program.



**Fig. 15. Map of muscle tension**

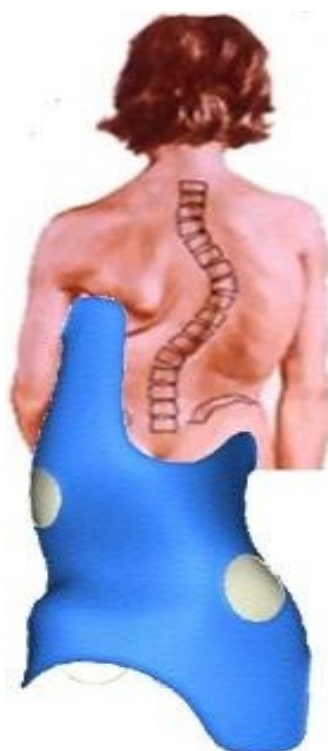
This examination gives an opportunity to evaluate in dynamics the efficiency of the performed treatment by conducting repeated examinations as well as a comparative analysis of changes in body parameters, allowing to correct the program, if necessary.

Having a three-dimensional model of the back, a map of muscle tension (fig. 15) can be formed and it can be further used for treatment and rehabilitation, and specifically for massages.



Scoliosis is a progressive spinal disease, it is expressed externally as a deformity of the body and leads to a costal humpback. In order to cure scoliosis without a surgery, it is reasonable to manufacture budget individual spinal braces based on a 3D model of the patient. Currently it is the only technology which allows to treat scoliosis and other spinal diseases without surgical intervention. Furthermore, wearing spinal braces is the only option in many cases. For example, when a surgery is impossible due to medical indications.

Orthopaedic corset is used for treating spinal diseases as well as for prophylactic purposes. It ensures vertebral fixation and spinal support in a given position as well as muscle relaxation and back straightening.



**Fig. 15. Brace for curved spine**

Spinal braces are most frequently used for treating scoliosis, kyphoscoliosis, kyphosis, lordosis; thoracic cage deformity; tumours and other pathologies of vertebrae; after performing surgeries.

Chêneau-type brace was developed for treating scoliosis, this brace “functions” in three planes and provides corrective influence on the scoliosis deformity, i.e. in the sagittal, frontal and horizontal planes.

Properly manufactured spinal brace of this type allows to support and stabilize the spine by preventing the progression of scoliosis in adult age.

3D method allows to precisely form the configuration of the spinal brace and, as a result, to ensure individual approach to each patient; it shortens adaptation period; it allows to eliminate problems with breathing, muscle atrophy; it does not require any serious correction; it allows to correct the delivered patient in the digital model; due to low content of plastic materials, this brace is lightweight and easy to put on.



### **5.3. Conclusions**

The use of three-dimensional modeling for spine (back) diagnostics has the following advantages:

1. More expeditious performance of examination.
2. High reliability of diagnostics.
3. Opportunity of conducting examinations of patients in various positions.
4. Opportunity of measuring anthropometric parameters.
5. Absolute safety of this method as the body is not subjected to the influence of irradiation. This examination can be performed on pregnant women, children, persons suffering from oncology disorders or persons with cardiac stimulators. It allows to timely detect spinal disorders and diseases in certain categories of persons.
6. High demonstrativeness and realism of examination results.
7. Opportunity of properly selecting corrective means for treatment.
8. Opportunity of storing a three-dimensional model of the back for the purpose of its use within a specified time interval. The data for all results of examinations are stored in the database.
9. Opportunity of predicting the development of pathologies.
10. Expeditious development of treatment tactics.
11. Three-dimensional image may be reproduced in various planes, and namely in the horizontal, frontal and sagittal plane.
12. Opportunity of examining selected areas of the back in detail through scaling, rotation, metrological measurements.
13. Relatively low price of examination.
14. Non-contact method of examination which excludes possible errors.
15. This method allows to determine the degree of torsion and displacement which is very important for determining the treatment.
16. Opportunity of remote transfer of the data for telemedicine purposes.
17. Three-dimensional model can be scaled up or down, the object can be viewed from different angles. An important feature of the model is an opportunity to conduct metrological examinations of the patient.



## CHAPTER 6. KEY FEATURES OF ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEMS

DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-023

### Introduction

The degree of professionalism in documentation affects the success of the enterprise management.

To automate the workflow, you must use modern specialized information systems. Now special computer programs and information systems become the vital need of companies. They allow you to support and coordinate the work of units responsible for administration and Finance. It takes into account and automatically handles a lot of requests and appeals specialists. As a result, this gives the company additional competitive advantage.

With the use of information systems it is possible to remove professionals from the routine work. This leads to savings of costs - time and labor. In the end, to the fore in the work of the staff out of the strategic plans of the enterprise.

Now it is hardly possible to find companies where there are information systems designed to simplify the workflow as a whole.

It is about the information systems, the purpose of which is to be used in the management of the entire organization and the systems for doing document management. The latter allows to translate all documents into electronic form. Process documentation becomes easier. In addition, the company can operate more efficiently because the time spent on preparation and processing of documents is reduced.

It documented information on construction management, because the level of its effectiveness is largely due to the production and consumption data. Now the information is in the public consciousness is a complete production resource, without this important element it is impossible to imagine social and political life.

How the quality of the information depends on the quality of management. To increase it, it is important to improve documentation turned sufficient attention. This is necessary because database solutions is in the management of information, structured in the form of a document.

Using workflow automation enterprise can rise to new level in its development. Material and technical equipment is also improving.

If we analyze the goals and objectives of the company, it can be concluded that the company "IRBIS" where is the author of this work, the profile in the logistics field is very wide.

The abundance of orders and a large number of counterparties leads to the problem associated with quick and adequate response to amendments to contracts, and contracts concluded with customers.

Often the documentation which comes from customers, is not those of professionals or delayed. This leads to difficulties. The company loses its ability to respond in a timely manner to the needs of partners. This is fraught with the loss of important orders, as well as large customers.



Now the enterprise is experiencing natural growth, and this problem is among the most urgent ones that need to be urgently addressed. Since there are practically no automatic processes in the operations for sending and receiving documents, the company management decided to introduce an electronic document management system. It is entrusted with the task of solving the main issues in the field of documentation, as well as accelerating the activities of the entire enterprise.

Among the characteristic errors that occur when an enterprise switches to electronic document management is the lack of their elaboration. This reduces system performance.

Often, company leaders believe that the organization of workflow is an insignificant trifle, and you should not pay much attention to it. However, this is precisely the decisive factor when it comes to making business processes more efficient. If managers are not very interested in implementing the system, then it can last a very long time.

### **6.1. Basic concepts of electronic document management system and its components**

Electronic document management system (EDMS) is based on the documents. Under documents you know are fixed in a tangible medium information, which has details. This gives the possibility of attributing such information or its media to the documentary, in accordance with the laws of the Russian Federation.

The electronic document management system is a system designed to conduct the exchange of documents with electronic form. Information technology is evolving, and it opens up a document new perspectives.

The emergence and development of the Internet globally, and its major component, e-mail, the question of the transfer of information over long distances is removed. E-mail gives the acceleration of the receipt of an electronic document to several minutes. However, the Internet brought new problems. Now you need to worry about that information in electronic document was securely protected. This is of particular importance today that becomes the basis of a consideration of some issues in security.

The document cannot be conceived of in a separate structure in the processes of the company. Document flows and has a close relationship with many other tasks handled by the information system.

An important feature of EDMS is that its location – at the intersection of traditional paper documents and new computer technologies.

The workflow system has a lot of features specific organizational, structural, operational plan. It used proprietary system, corporate standards and requirements, and procedures under which services and performers interact. In addition, the work of EDMS is in direct proportion to how well technically equipped enterprise.

Selection, formation and construction of the system determined by these conditions. Also plays a role the size of the company, then, what is the nature and specificity of her work, what the qualifications of its employees, as well as what financial opportunities available to the company. All this affects what will be a set of subsystems (modules) with different functional and technological intensity, which are





built using different SOFTWARE, one or several brands.

Of electronic document management deals with operations on creation on the basis of networks of computers documentation, processing, transmission, storage, output of information, which circulates inside the enterprise.

Electronic document management means working on the organization of circulation of documents between departments and specific individuals.

Traffic documents means that the documents are not moved in the physical sense, but the rights are transferred to their use, while specific users are notified, and their work is monitored.

The author adheres to this definition of the assignment EDMS or Electronic Document Management Systems (EDMS): With EDMS are ensured a process in which is created, controlled access and apply a large amount of documentation by means of computer networks, and controlled the flow of documents in the enterprise.

Often, the storage of documents is done using a special storage or use a filesystem hierarchy.

The types of files, usually supporting EMS include documents in text format, with images, spreadsheets, audio, video, and Web documents.

General features of EDMS allow you to create documents, control access, convert data and to ensure their safety.

The main task is to organize the storage of electronic documentation and work with it: search using attributes or content.

The system should provide the ability to automatically track changes in documents, the deadlines contained in it, to go control all versions and podgorci.

The task of ECM is to covered the entire cycle of records management in the company, starting from setting the task to create a document to cancel the archive. The system shall realize the function of centralized storage of documents of any format, which comprises complex composite documents.

The task of the system is the Union of the disparate threads of documentation, if the company's units are removed from each other.

Using the system can flexibly control the documentation, rigidly defining the routes of its movement, as well as using loose routing.

An important point in the system - the implementation of a strict distinction of access that different users have different documentation. This is determined by their expertise, position and authority.

In EDMS should be the ability to customize the existing company organizational structure and its proceedings. In addition, it is necessary to provide possibility of integration with systems that already operate in the company.

The main users of such systems include the enterprise, which are created, processed and stored large volumes of documents. This is true for large public organizations, banks, large industrial enterprises. All systems provide for the presence of mandatory standard components:

- the repository where the cards (attributes) of documents are located;
- a repository where the documents themselves are located;
- the components by which the business logic of the system is implemented.

The task of the attribute storage is to store “cards”, which are a set of fields that



characterize a document. As a rule, in systems, the concepts of types of documentation are used - contracts, specifications, letters, etc. Each type has its own card.

Each type provides for the use of required fields that are common to all documentation. But each type of document has special fields that apply to it.

As common fields, it is possible to use a unique document number, its name, author, date of formation. Documents of the “agreement” type may contain fields of the date of signing, validity period, amount of the agreement.

Document types may have subtypes that differ by a common set of fields - the same as the main type, but additional fields are provided that are unique to this subtype.

Most developed systems are capable of supporting the large nesting of such subtypes. Issues of typing documents, building a hierarchy, and designing maps are one of the most important stages in implementing a system.

## **6.2. The structure and functional features of electronic document management systems**

The structure of the electronic document management system can be considered both from the point of view of hardware and software complex, and from the point of view of the functions performed.

From the point of view of hardware and software complex in the electronic document management system includes a set of software and hardware components: workstations, servers, software, network and supplementary equipment, which are designed to perform specific functions of the system.

The server is used to perform the necessary operations with the documents and data. It is virtual and dedicated, it depends on the applied working methods and system supplier. The server also may contain a database of a document management system.

Using workstations is the user interaction with the workflow system. All workstations have a set of functions for managing documentation and information.

The use of the software is the main component of system of electronic document circulation provides the necessary number of actions to manage the documentation. In General, it is composed of the administrator, interface and functional parts. The functional part is used to process and manage data. Using the backend performs the necessary system setup. The interface part performs the presentation of data in the form in which they are available to end users.

Due to additional equipment are possible to implement different kinds of specific functions of electronic document management system. Such equipment may include input devices and output, coding system and data encryption, etc.

Network equipment necessary to implement collaboration between users of the system and interaction of the various components of the electronic document management system.

From the point of view of the function performed in the structure of the electronic document management system consists of modules performing the following steps: input, indexing, document processing, access control, storage,



routing documents, system integration.

An input module data used for inclusion in the electronic document management system of the source data. These data can be obtained from a variety of sources: scanners, email, paper documents, online forms, etc. the Application of this module ensures the receipt and initial processing of information.

Module indexing. It is used for registration and systematization of information. Thanks to him, the electronic document management system may organize the search and storage of text documents according to certain parameters.

The module processing. After entering the data, they must be processed and stored for further work. Using this module ensures the distribution of data and documents according to certain rules.

Module access control. Thanks to this module is provided by the distribution of data and documents by users. Each user has the right to work only with the necessary set of documents.

The routing module is intended for organization of work with documents. It set rules for processing and movement of documents. Before creating the routes of movement of documents must be defined document processes.

Module system integration. Typically, the electronic document management system is interconnected with other management systems. This module is a transfer of information between such systems.

Module storage of documents and data. This module implements the functions of the document database. It provides archiving, storage, recovery, backup, documents.

In all the EDMS are mandatory components of the model: the storage of documents; storage card papers; the components that implement the business logic of the system.

Store document attributes used to store cards of a set of fields that characterize the document. As a rule, in EMS there is the concept of document type (for example, letter, contract, etc.) and each type starts its own card.

Card different types contain common to all documents the required fields and special fields that belong to documents of this type. For example, the common fields include a unique document number, author, name, creation date. The composition of the documents of type “contract” may enter such fields as contract amount, expiration date, date of signature.

In turn, the document types can have subtypes, which have a common set of fields inherited by them from the basic type. More advanced document management system can support large nesting of these subtypes. The most important step in the process of implementing the EDMS is a typing documents, arrange them in a hierarchical manner and design cards for them.

Also allows you to assign a category, in this case a single document can be simultaneously belong to multiple categories. Categories can be placed in the category tree. So, it is possible to search the document in this tree based on its classification, one physical document may be located in different nodes of the hierarchy.

In order to organize the cards, there are three ways: use our own storage



standard database management system or tools environment which is the basis DBMS.

The obvious drawback of this approach is the fact that it is impossible to apply the standard resources of the existing environment, as well as the fact that from the supplier of the EDMS depends very important information.

When using a standard database management system is always possible migration of information to a DBMS from a different vendor. In this case, will have to abandon the use of certain electronic document management systems in General, and migration of information from one system to another is much more complicated than in the case of database management systems.

But such a method has drawbacks – implemented in most database management systems the relational model is not convenient for data models used in EDMS. It is very difficult to provide the desired flexibility in creating card papers, particularly in the case of complex structures. The developers of the EDS raises the question: to develop a simple but effective structure of data storage, giving up flexibility for creating cards, or having cumbersome structure providing the desired flexibility with reliability, transparency and efficiency of the system. The second disadvantage is that when using an external DBMS, there are certain difficulties in the transition from one electronic document management system to another or migrating from one version of a database management system to another. Often this leads to some conservatism of users with migration to new versions.

In the case of constructing the EDMS of a specific information environment, it is desirable to use its resources. There are two ways of storing documents: storage in a specialized storage of the EDMS or in the file system. Large differences between these two methods have not, however, certain features still exist.

The EDMS must be given their rights of access to the saved files it was not available none of the users directly. Electronic document management system has its own system user list with access rights, organizing file access through these rights. The access system becomes difficult to maintain and not reliable enough from the viewpoint of information security. In order to provide additional reliability, is often used to encrypt files during storage. In addition, virtually all EDS use random file naming, making harder to find the necessary file for unauthorized access to the system. It should be noted that most EDSs store files on the file system.

When working with the file system, as a rule, electronic document management systems require moving files to specially created directories.

Those systems that have their own file storage or use the storage of the environment on which they are built, guarantee more efficient control of access to documents and a more reliable solution to the problem of access control. However, this raises issues that are related to the integrity of information, the availability of effective backup tools and integration with archive storage on slow media. In almost all systems, they are somehow solved, but it is possible to use only the tools available in the system itself, while in the case of file storage there is always a choice.

### **6.3. Analysis of modern document classifications**

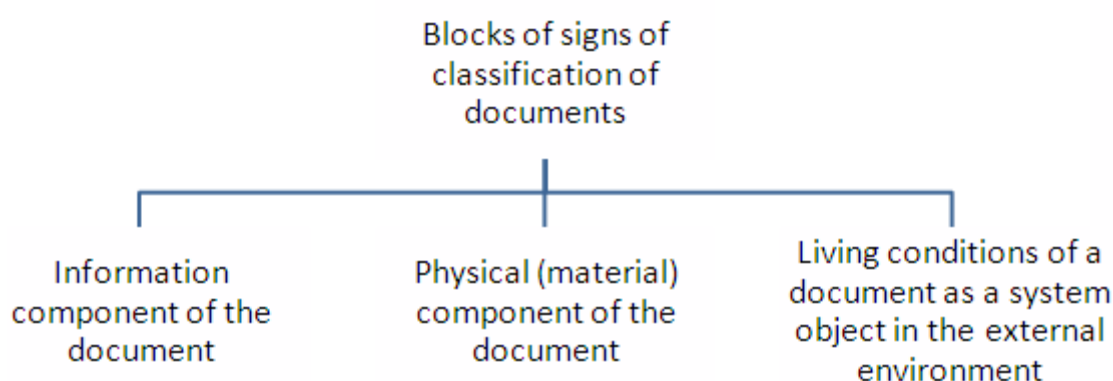
As a rule, the definition of "systematization" refers to both the process and the



outcome. I.e. it is understood as a classification and as a scheme, which is obtained on its basis.

Systematization of documentation is a system during which documents are subordinate to each other. Such a system is used as a means to establish relationships between groups of documents and to better navigate their diversity. Mainly, the systematization structure is depicted as a table or diagram.

The important distinguishing features underlying the systematization of modern documentation consist in their essence of material and information components. Because documentation works in society, the hallmarks to a certain extent depend on the external environment. Given these circumstances, the basis of the overall systematization of documentation are 3 blocks of distinctive features, which are built on various indicators of the document (Fig. 1).



**Figure 1 - Stages of moving outbound documentation**

Each of the blocks that are presented is considered a criterion that allows you to build a systematic sequence. Inside it, there is one kind of priority distinguishing feature, on the basis of which documents are divided into varieties and subspecies. Such series form a multi-level structure of a systematized scheme consisting of subsystems.

### **Conclusion.**

The problems of information security of distributed information systems are considered. The analysis of information security threats, channels and methods of implementation of the security threats in distributed information systems is carried out. A comprehensive approach to information security of distributed information systems is proposed.



## CHAPTER 7. THE PROBLEMS OF SYSTEMATIZATION IN THE ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT

DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-024

### Introduction

The degree of professionalism in documentation affects the success of the enterprise management.

#### 7.1. Systematization of the documentation content.

Systematization, based on the distinctive features of the contents of the document are considered to be semantic. Such systematization documents are divided into types and subtypes according to distinctive feature, the documentary content in the fields of knowledge, perspectives, themes and subjects [1, 2].

Systematization of documentation content is implemented in practice due to systematization, the subject heading, systematic tables, and so on. Subject, topic and the main aspects of the meaning can be described through lexical units. At the same time thanks to lexical units it is possible to build the systematization of documentation [3, 4].

The most developed are considered to be semantic systematization of documentation, since they have huge practical significance in the sections of the documents - communication region. The semantic systematization include 5 options. Bibliographic systematization, Universal decimal classification, Decimal Dewey systematization, systematization of unified literary works for book publishing and other. There are substantial and systematic for certain types of documentation: in particular, the classifier of state standards of the international classification of inventions. Such systematization are considered to be the basis on which to organize the vast number of information retrieval systems, and also arrays of different documents [5, 6].

Today there is still no General semantic scheme of systematization of documentation that would be universal for all States.

Among the systematized indicators of content, the structure of material construction, the genre content of the work, the style with which it is presented, and so on, are also distinguished.

**Systematization of the documentation on the parameter significant means of recording information.** A symptom of the document is that the information that it contains, are transmitted through specific signs. The signification is considered an indispensable property of the document as it is the only form which coded signs, it is possible to transfer the information Communicator to the recipient. Systematization, taking into account the specifics of important tools that allow you to capture, to Express and perceive a person information, you can refer to the group of formal systematization [7, 8].

They emit non-textual and textual documentation.

In a text document as a sign is the alphabet of a natural language (patent, journal, newspaper, newsletter, template, and so on). Text documents are often



referred to as a verbal or verbal. Verbal document, usually submitted in writing. That is verbal information, and the creation of a language fundamentally distinguish social communication directly from biological.

The definition of "text document" you can use to written and Phono documents containing speech, i.e. to the entire text of documents [9, 10].

A written document is one of the main types of text document, where information depicted every written method. Typically, this written document and all that it contains, is represented verbally in written form commit [11, 12].

Written documentation will include typed, handwritten, printed documents, because existing them verbal information reinforced by written signs.

In order to create a text document apply cartographic, musical and other nonverbal signs. These include: - sounding, multi-pattern, iconic and ideographic documents. They are often referred to as non-verbal [13].

Iconic documents refer to those documents where the sign is similar to the object that is reflected (image, movie, photo and so on).

Ideographic documents are documents that as a sign acts as a symbol, not reflecting true phenomena or objects (drawing, map notes). This group of documents include music and cartographic documents [14].

Sounding document provides fixation and transmission of information through sounds and called fono document.

In matrix documents are the code cell - matrix, through which coded information in the form available for "reading" the device (computer disks, punch cards, optical and magnetic discs and the like). Matrix and sounding documents that belong to the group of technically coded. They contain the record that is available to play exclusively through those means [15].

Complex documents contain 2 or more iconic locking media (in particular, the journal app as phonograph records; CDs with sound text entry and the like).

### **Systematization of documents on purpose in order to perceive information.**

On the subject of perception directly to the semantic content of the whole documentation is divided into information that can be "read" a man without those special tools and machine-readable, and serves for auto playback of information from the document, with printer, screen, TV and the like.

To human-readable documentation will include all types of publication (brochure, magazine, etc.). Machine-readable documentation is a record, microfilm, disk, tape and so forth on machine-readable media. The information on them is recorded using that changes the structure of the media. At their outer type cannot be anything definite to say about the nature of writing in such documents, as it made some kind of technical method [16].

Systematization of the documentation on the channel through which perceived information.

The information contained in the document can be perceived by different senses (sight, hearing, touch).

The channel, allowing to perceive the signs used to write the contents. Allocate tactile, visual, audio, visual and audio documentation.

The optic is a document in which the content is perceived by the recipient



visually (different kinds of texts, images, photos, graphics, and so on. on any media, including display, projector, computer device or TV).

What contains on a tactile document, perceive through touch (touch) (magazine for the blind, owner).

Audio document is one that can be heard - its content can be perceived solely by hearing (CD, records and so on).

Audial document is the one where the contents are perceived at the same time visually and through hearing (with the sound film, Filmstrip, voiced, and so on).

According to statistics, 75% of all information people receive is through the visual organs. Auditory information make up 13% of all data that comes through the human senses.

### **Systematization of documents according to the method by which they are documented.**

According to the method of documenting a document is handwritten, printed, magnetic, mechanical, optical, photographic, electronic and laser.

A hand-written document is considered to be written. When it is created, written signs are applied by hand. Handwritten documents also include documents that are executed by machine or computer. The manuscripts include deposited manuscript, dissertation, monograph, etc.

A document is considered to be printed if it was created by using a printing or other method different. This kind of documentation is produced by publishing houses or printing houses. On a printed document there is evidence that a paint layer is applied to its coating. Today's printed document is considered the most common group of documentation: this includes magazines, brochures, newspapers, and so on.

Mechanical is a document where information is recorded mechanically.

Magnetic polarity. Magnetic tapes and the like [17].

A photographic document that is created by the photographic method is considered photographic [18].

An optical document where information is recorded using a focused beam of electromagnetic field of optical radiation.

A laser document where information is recorded and read using a laser beam.

Systematization of documentation based on the circumstances of their existence in the external environment.

In accordance with this, the totality of documents is subdivided in accordance with the circumstances of their existence in the external environment is considered a universal feature of systematization. The document should not contain any documents. The introduction of relative systematicity, time and place of exit of the document in the external environment and so on.

### **Systematization of documentation on how regularly it appears.**

By the systematic nature of the appearance, periodic documentation is issued that comes out at specific time intervals, numbered or dated, issues that are issued in the same way, and non-periodic documentation that comes out once and has no continuation. The systematic appearance is distinguished by weekly, monthly and the like. Periodic documentation includes a newspaper, a magazine, a newsletter, express information, serial and continuing publications. Non-periodic documentation includes





books, albums, and the like [19].

**Systematization of documentation on the time of occurrence in the external environment.** By the time the document is released in the external environment, a copy is distinguished and this document is considered the original. At the publishing house - a publication that has undergone editorial and publishing processing, has been signed into a set or print and prepared for delivery to the printing company. During copying, the original is a copy of this document. A documentary copy is a document reproducing the information of another document and all its external distinctive features or some part thereof. External distinctive features are understood as those that determine the method of recording information, physical condition, medium, size of the document, and so on. All originally published copies of the same circulation of the book are considered originals, and their reprints - copies.

## 7.2. Classification of methods and algorithms of workflow systems.

The initial data from the system of goals of an electronic document can be conditionally divided into a number of groups. Office systems are read by one of the groups. First of all, to solve the problems of document management of local enterprises. Record keeping systems are considered pioneers in the computerization of Russian entrepreneurs [20].

Such a system can be used extremely effectively in a structure where vertical managers are clearly identified. As a rule, similar structures correspond to the established and mandatory standards for the creation of documentation and a certain nomenclature. If the document does not require compliance with state standards. Management systems can be solved.

There are electronic archives for this. They differ from office systems. The functionality of electronic archives is considered to be the storage of documentation, ensuring rapid access to them. Archival organizations, security services, large manufacturing companies. The convenience of their use lies in their compactness, reducing the cost of storing documentation, and at the same time, the necessary data is discovered [21].

Today on the market there are a sufficient number of different types of automated systems, which, in particular, CAD - an automated workflow system, EDMS - an electronic document management system and so on. Each of them independently carries out prioritization. To decide what kind of system it is, this is the year for the customer completing the order.

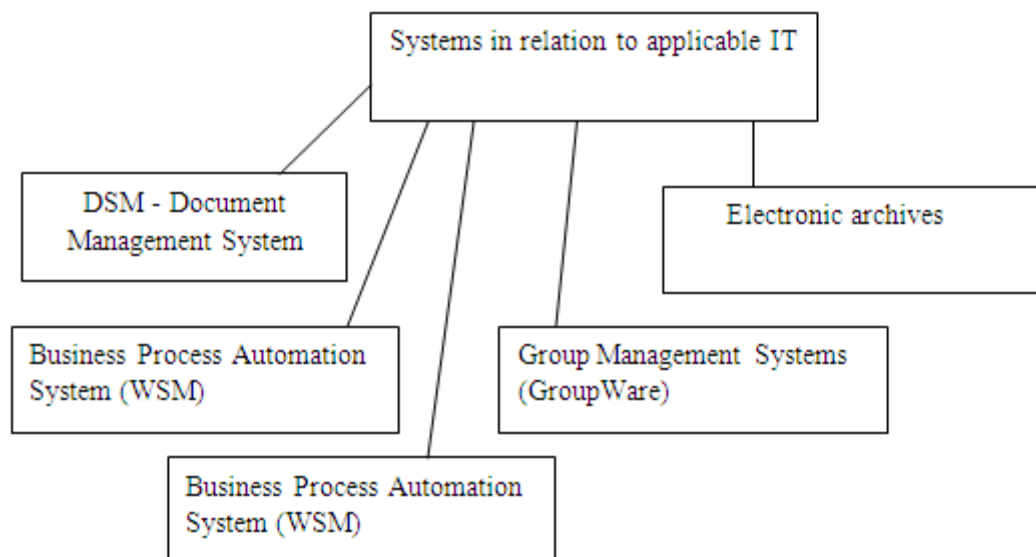
You can analyze the systematization of systems.

Relatively Automated Systems

- paperwork in general;
- serious documentary circulation;
- serious detection and archive functions;
- documentation that is accounted for and controlled.

Authors and software developers.

Below are a number of types shown in Figure 1.



**Figure 1 - Systematization of systems with respect to IT used**

Here is a more detailed function and performance of systems of each type. The DSM are systems that control the documentation. This system is universal, that is, machines automate the entire set of tasks assigned to clerical work – from the creation of the documentary project and until such time as he will be charged in the case [22].

The DSM is a system that is based on the production DBMS: Informix, Oracle, MS SQL Server, Sybase. Keeping you can perform in the database and in the file system. The disadvantage of having to store information in the database can be considered that they are closely tied to a specific system that manages databases of information and complexity to restore them after failures, but directly in the file system - weak security of stored information. The exchange of documents between users is a special subsystem routing and exchange. The vast amount of DSM have the editors of reference books, test registration cards to establish various types of attributes documentation.

Business systems are systems of automation of business processes (so-called workflow system). The basis of such these systems is the definition of the workflow. The basic unit in such systems is work that must be performed with certain conditions in a certain order and established performers. To perform work in a variety of time to control time and content.

Information about the work of the workflow, the system stores in the database information, records, or occurs on the server (in database, file system), or in accordance with a map of the work being transferred physically from one artist to another. If record-keeping is done on the server, the user transfers only the rights of access to them [23].

An important part of these systems is considered a graphic workflow editor works. Possible free, hard and combined routing, sequential and parallel execution of the works. The advantage of such systems is the presence of open interfaces and mechanisms for integration with other applications. These systems are primarily used for automation of documentary turnover and multi-step routine office operations.



Group management systems are systems that are based on group work (groupware system). These include, first and foremost, Microsoft Exchange, Lotus Notes and Novell GroupWise. Systems of organization of group work are considered to be advanced options for your email program and from the outset its existence was intended for the organization of data exchange in the group – messaging and not documents. The development of groupware systems in the exchange of documents was due to higher market competition among the developers of such systems.

Group management systems have limited the size of the database native format or have the opportunity of ODBC connection with the database management system, a partial SQL support, developed system full-text search. Built on the platform of such system adopt the main disadvantages of the platform in the first place, document flow and control and accounting functions, search functions and storage.

Electronic archives are automated systems that control the execution of the documents. Their objectives are the basis of all of the documentation organization and control of execution of documents. The system, based on a personal database management system, plant log books and control or control and registration card documentation information what about the approaching completion of the enforcement of overdue documentation, issues the reporting information.

Electronic archive is an automation system, used primarily in order to realize the storage of electronic copies of documents and discovery; it can also perform functions of electronic documentary. Documents are stored in operating system files or in the database. It is possible to search as the parameters, and internal documents.

Comprehensive systems that control documentation ECMS (Enterprise Content Management System) is used to solve a lot of management companies. They can be subjected to processing and storing virtually all kinds of documents from simple text documents to email messages. The systems include functions of such systems, as the electronic archives of the documentation management system and workflow system. On the market of such products is mainly in foreign development, however it should be noted that many Russian systems are practiced is to ultimately bring their functionality to the capabilities of the systems.

All of the above types of systems must meet the current requirements of portability, scaling, support mobile users and remote groups work through the Internet, based on 3-level model "client - server", have a modular architecture, it can be simple and easy to administer, have an intuitive interface, well-organized search function. Systems should integrate with such standards as OLE Automation, ODMA, ODBC, CORBA and with office applications and mail programs, have open APIs. A significant role is played by the integration with documentation input systems: OCR - programs, scanners, e-mail servers, fax servers, voice mail systems.

### **Conclusions.**

The document is considered the basis of the electronic document management system. A document is in a certain way ordered information. In turn, a system is a set of components that interact in an orderly manner with each other and with elements of a subsystem, designed to perform certain functions and have certain properties that are reduced to the properties of elements, more precisely, to their sum.



These elements in the electronic document management system are documents.

The purpose of documentary circulation cannot be represented by some isolated branch in the overall business process of the enterprise. Moving documentation is closely combined with other tasks that are solved by the company's information system. In addition, the task of automating workflow lies at the junction of traditional "paper" technologies for working with documents and new computer technologies. The company's documentary circulation system contains many special production, structural and organizational aspects, corporate settings, corporate standards and requirements, certain procedures for interaction between services and contractors, depends on technical equipment, etc.

**Conclusion.** The problems of information security of distributed information systems are considered. The analysis of information security threats, channels and methods of implementation of the security threats in distributed information systems is carried out. A comprehensive approach to information security of distributed information systems is proposed.



## CHAPTER 8.

### INCREASING THE SPEED OF FRACTAL IMAGE COMPRESSION USING TWO-DIMENSIONAL APPROXIMATION TRANSFORMATIONS

DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-049

#### Вступ

Зображення, які представлені в цифровій формі, необхідно зберігати на носіях та передавати каналами зв'язку. Для економії пам'яті та більш ефективного використання ресурсів системи створюють спеціальні алгоритми кодування [1-4]. Зображення – це особливий вид даних, який має надлишковість у двох вимірах, що дає додаткові можливості для ущільнення [4]. Одним із перспективних методів ущільнення зображень є фрактальний метод [4]. Фрактальне кодування – це математичний процес для кодування растрів, які містять реальне зображення, в сукупність математичних даних, що описують фрактальні властивості зображення. Цей вид кодування заснований на тому, що усі природні та більшість штучних об'єктів містять надмірну інформацію у вигляді однакових блоків зображення, що повторюються. Вони отримали назву фракталів. Фрактал – це структура, яка складається з подібних форм і малюнків, що зустрічаються в різних розмірах.

#### Актуальність

Алгоритм фрактального ущільнення відомий тим, що в деяких випадках дозволяє отримати дуже високі коефіцієнти ущільнення (найкращі приклади – до 1000 разів при прийнятній візуальній якості) для реальних фотографій природних об'єктів, що неможливо для інших алгоритмів ущільнення зображень з втратами [1 – 2].

Основним недоліком фрактального методу є низька швидкість кодування, яка пов'язана з тим, що для отримання високої якості зображення для кожного рангового блоку необхідно виконати перебір усіх доменних блоків, і для кожного доменного блоку необхідно виконати не менше восьми афінних перетворень [3 – 5]. Одна з можливих ефективних та швидких схем кодування зображень фрактальним методом, запропонована Арно Жакеном (Arnaud Jacquin) [2]. Але якщо порахувати кількість операцій множення для знаходження коефіцієнтів афінних перетворень одного рангового блоку в зображенні у градаціях сірого розміром  $512 \times 512$  ( $4^{4,5} = 512$ ,  $k=4,5$ ) пікселів при розмірі рангового блоку  $4 \times 4$  ( $n=4$ ), доменного  $8 \times 8$  і кроці вибору доменних блоків 2, то навіть для алгоритму запропонованому Жакеном загальна кількість операцій множення буде досить великою і складе [1]:

$$M = 8(4n^{k+1}(n^{k-1} - 3) + 9n^2) = 8(4 \cdot 4^{5,5} \cdot (4^{3,5} - 3) + 9 \cdot 4^2) = 8193152.$$

Отже, задача підвищення швидкості ущільнення зображень фрактальним методом є досить актуальною. При покращенні показників швидкодії алгоритм фрактального ущільнення може стати одним з найефективніших алгоритмів ущільнення зображень [1].



## 8.1. Математична модель кодування-декодування зображень фрактальним методом

З фізичної точки зору фрактальне кодування ґрунтується на твердженні, що зображення містить афінну надлишковість. Математична модель, яка використовується при фрактальному стисненні зображень, називається системами ітеруючих функцій (Iterated Function Systems – IFS). Системи ітеруючих функцій містять набір стискальних перетворень  $w_i$ , які можливо задати так [4]:

$$W(S) = w_i(S), \quad (1)$$

де  $S$  – зображення.

Відповідно до теореми Банаха, існує певний клас відображень, які називаються стискальними і для них справедливо таке твердження: якщо до якогось зображення  $f_0$  ми почнемо багаторазово застосовувати відображення  $W$  таким чином, що:

$$f_1 = W(f_0), f_i = W(f_{i-1}), \quad (2)$$

то при «і», що прямує до нескінченності, ми отримаємо таке саме зображення незалежно від того, яке зображення ми взяли за  $f_0$ :

$$f = \lim_{i \rightarrow \infty} f_i \quad (3)$$

Зображення  $f$  називається нерухомою точкою перетворення  $W$  або атрактором.

В якості перетворень  $w_i$  використовуються афінні відображення:

$$w_i \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} a_i & b_i & 0 \\ c_i & d_i & 0 \\ 0 & 0 & S_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} dx \\ dy \\ O_i \end{bmatrix}, \quad (4)$$

де  $a_i, b_i, c_i, d_i$  – афінні коефіцієнти деформації, стиснення, обертання;  $dx, dy$  – коефіцієнти переміщення;  $x, y$  – координати точки, що перетворюється;  $z$  – її інтенсивність. Параметр  $S_i$  керує контрастністю, а  $O_i$  – яскравістю зображення. Знаючи коефіцієнти цих перетворень, ми можемо відновити початкове зображення.

Алгоритм фрактального кодування зображень можна описати так. Процес ущільнення починається з того, що зображення спочатку розділяється на блоки, що не перекриваються (рангові області), а потім на домені блоки, які можуть взаємно перекриватися, як це показано на рис. 1 [2].

Домені повинні мати характерні фрагменти, які надалі використовуються для побудови декодованого зображення. Після цього починається кодування зображення шляхом підбору для кожної рангової області найбільш відповідного домена, за допомогою якого розподіл яскравості в ранговій області може бути апроксимований розподілом яскравості у домені. Для того, щоб отримати найкращу апроксимацію, домені піддаються афінним перетворенням, у результаті яких відбувається не лише їх геометрична деформація, а й зміни контрасту та яскравості. Якщо розподілом яскравості в перетвореному домені не вдається досягти задовільної апроксимації розподілу яскравості у ранговій області, рангова область ділиться на чотири частини і процес повторюється.

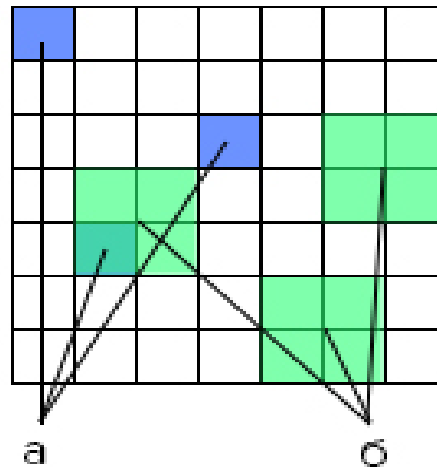


Рис. 1. Відбір блоків на зображенні: *a* – рангових, *b* – доменних

Якість необхідної апроксимації задається у вигляді допустимого значення середнього квадрата помилки апроксимації (середнього квадрата невідповідності). Номери доменів, використаних при кодуванні кожної рангової області, а також коефіцієнти афінних перетворень записуються у файл. Файл ущільненого зображення містить заголовок з інформацією про розташування рангових областей і доменів, а також таблицю ефективно упакованих афінних коефіцієнтів для кожної рангової області.

Одна з можливих схем кодування зображень фрактальним методом, запропонована Арно Жакеном (Arnaud Jacquin), містить такі етапи [4]:

- Зображення розділяється на області, що примикають одна до одної розміром  $N \times N$  (рангові області).

- Задається набір доменних областей. Доменні області можуть перекриватись, вони не повинні обов'язково закривати всю поверхню зображення. Розміри доменних областей звичайно вибирають  $2N \times 2N$ .

- Для кожної рангової області підбирається доменна область, яка після афінних перетворень найточніше апроксимує рангову область. На практиці застосовується вісім варіантів відображення одного квадрата в інший з використанням афінних перетворень. Це повороти зображення на кути 0, 90, 180, 270 градусів відносно його центра і перетворення симетрії відносно ортогональних осей, які проходять через центр фрагменту перпендикулярно його сторонам.

- Точність апроксимації  $F$  визначається за допомогою середньоквадратичного критерію:

$$F = \sum_{i,j} (Sd_{ij} + O_{ij} - r_{ij})^2, \quad (5)$$

де  $d_{ij}$  – значення, отримані в результаті усереднення по фрагментах з розмірами  $2 \times 2$  елементів доменної області, що приводить її розмір до розміру рангової області;  $r_{ij}$  – значення елементів рангової області. Зміщення  $O_{ij}$  може бути як константою, так і описуватись поліномами першого, другого, третього порядків.



Прирівнявши до нуля часткові похідні від виразу по  $S$  і  $O$ :

$$\frac{\partial F}{\partial S} = 0, \frac{\partial F}{\partial O} = 0, \quad (6)$$

знайдемо значення  $S$  і  $O$ , при яких досягається мінімум виразу:

$$O = \frac{1}{n^2} \left( \sum_{i,j} r_{ij} - S \sum_{i,j} d_{ij} \right), \quad (7)$$

$$S = \frac{n^2 \sum_{i,j} r_{ij} d_{ij} - \sum_{i,j} r_{ij} \sum_{i,j} d_{ij}}{n^2 \sum_{i,j} d_{ij}^2 - \left( \sum_{i,j} d_{ij} \right)^2}. \quad (8)$$

Доменні блоки звичайно вибирають з кроком  $n/2$  при  $n=4$ . У вихідний файл записуються такі параметри:

- Координати доменної області з найменшим значенням  $F$ ;
- Значення для  $O$  і  $S$ , отримані згідно формул (7, 8);
- Номер афінного перетворення.

Декодування ущільненого зображення носить ітераційний характер і складається з таких етапів:

1. Створюються два зображення однакового розміру  $A$  і  $B$ . Розмір цих зображень не обов'язково дорівнює розміру початкового зображення, початковий малюнок областей  $A$  і  $B$  будь-який.

2. Зображення  $B$  розбивається на рангові області так, як на першій стадії процесу стиснення. Для кожної рангової області зображення  $B$  виконується афінне перетворення відповідної доменної області зображення  $A$  і результат поміщається у  $B$ .

3. Виконуються операції ідентичні попередньому пункту, тільки зображення  $A$  і  $B$  міняються місцями.

4. Багатократно повторюються другий і третій кроки доти, поки зображення  $A$  і  $B$  не стануть нерозрізненими.

Основним недоліком фрактального методу є низька швидкість кодування, яка пов'язана з тим, що для отримання високої якості зображення для кожного рангового блока слід виконати перебір усіх доменних блоків, і для кожного доменного блока слід виконати не менше восьми афінних перетворень [5].

## 8.2. Відомі способи підвищення швидкості фрактального алгоритму ущільнення зображень

Для підвищення швидкодії та ефективності фрактального кодування зображень використовують ряд методів оптимізації. Найпростіший і найповільніший спосіб фрактального кодування полягає у перевірці кожного доменного блоку і виконанні обчислень згідно виразів (5), (7), (8). Такий спосіб називається повним пошуком або повним перебором. При кодуванні зображень природного походження можна підвищити швидкодію кодування, прийнявши  $S = 1$ , оскільки, враховуючи статистику зображень, завжди знайдеться доменний блок, який апроксимує заданий ранговий блок з необхідною





точністю. Тоді з виразів (5), (7) одержимо:

$$F = \sum_{i,j} (d_{ij} + O_{ij} - r_{ij})^2, \quad (9)$$

$$O = \frac{1}{n^2} \cdot \left( \sum_{i,j} r_{ij} - \sum_{i,j} d_{ij} \right). \quad (10)$$

Контрастність декодованого зображення може бути відновлена іншими методами. Таке спрощення дозволяє знизити кількість арифметичних операцій на 60% і, відповідно, підвищити швидкість ущільнення.

Найвідоміші методи підвищення швидкодії кодування зображень фрактальним методом такі [2]:

1. Пошук доменних блоків, для яких  $F$  не перевищує заданого значення.
2. Локальний та сублокальний пошук.
3. Ізометричне передбачення.

4. Класифікація доменних і рангових блоків, ранговий порівнюється з доменними блоками того ж самого класу.

Необхідно відзначити класифікацію, запропоновану Арно Жакеном [5]. Вона ґрунтується на топології блоків і передбачає:

- блоки без контурів;
- блоки, інваріантні до орієнтації (текстурні блоки);
- контурні блоки (виконується повний перебір).

### 8.3. Підвищення швидкості фрактального ущільнення зображень за рахунок двовимірної апроксимації

Для підвищення швидкості ущільнення зображень за схемою Арно Жакена пропонується виконувати попередній відбір доменних блоків на основі коефіцієнтів апроксимації [6-7].

У випадку лінійної апроксимації значення пікселя для двовимірного зображення визначається так:

$$f(x,y) = ax + by + c. \quad (11)$$

У загальному випадку значення  $f(x,y)$  відрізняються від значення пікселя  $z_{xy}$ . Мінімальне значення відстані досягається при мінімальному значенні суми квадратів відстаней, тобто:

$$S = \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M (ax + by + c - z_{xy})^2 = \text{Min}, \quad (12)$$

де  $M, N$  – розміри зображення,

$z_{xy}$  – значення пікселя в точці зображення з координатами  $x, y$ .

Функція  $S$  має мінімальний екстремум у точці, де частинні похідні від коефіцієнтів дорівнюють нулю:

$$\frac{\partial S}{\partial a} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial b} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial c} = 0. \quad (13)$$

Таким чином, отримаємо систему з трьох рівнянь для трьох невідомих. Для рангових блоків з розміром  $n = 4$  система рівнянь така:



$$\begin{cases} 120a + 100b + 40c = \sum_{y=1}^4 \sum_{x=1}^4 z_{xy} \cdot x \\ 100a + 120b + 40c = \sum_{y=1}^4 \sum_{x=1}^4 z_{xy} \cdot y \\ 40a + 40b + 16c = \sum_{y=1}^4 \sum_{x=1}^4 z_{xy} \end{cases} \quad (14)$$

Розв'язавши систему рівнянь (14) можна для кожного рангового і доменного блоків визначити коефіцієнти апроксимації  $a$ ,  $b$ ,  $c$ .

Отже, процес кодування буде мати такі додаткові кроки:

1. Кожен доменний і ранговий блок подаємо у вигляді коефіцієнтів апроксимації. Для  $n = 4$  коефіцієнти апроксимації з (14) обчислюються так:

$$b = \frac{-3 \sum_{x=1}^4 \sum_{y=1}^4 z_{xy} + 1,2 \sum_{x=1}^4 \sum_{y=1}^4 z_{xy} \cdot y}{24}, \quad (15)$$

$$c = \frac{3 \sum_{x=1}^4 \sum_{y=1}^4 z_{xy} - \sum_{x=1}^4 \sum_{y=1}^4 z_{xy} \cdot x - 20b}{8}, \quad (16)$$

$$a = \frac{3 \sum_{x=1}^4 \sum_{y=1}^4 z_{xy} - \sum_{x=1}^4 \sum_{y=1}^4 z_{xy} \cdot y - 8c}{20}. \quad (17)$$

2. Для кожного рангового блоку виконується попередній відбір доменних блоків за трьома коефіцієнтами апроксимації, наприклад, за квадратичним відхиленням:

$$\begin{aligned} S_{rd1} &= (a_r - a_d)^2 + (b_r - b_d)^2 + (c_r - c_d)^2, \\ S_{rd2} &= (a_r - b_d)^2 + (b_r - a_d)^2 + (c_r - c_d)^2, \end{aligned} \quad (18)$$

де  $a_r$ ,  $b_r$ ,  $c_r$  – коефіцієнти апроксимації для рангового блоку;  $a_d$ ,  $b_d$ ,  $c_d$  – коефіцієнти апроксимації для доменного блоку.

З відібраними блоками виконуються перетворення, характерні для фрактального ущільнення методом Жакена. Оскільки вибраних блоків значно менше загальної кількості доменних блоків, то слід очікувати значного виграшу в швидкодії.

#### 8.4. Практичні результати

Моделювання, яке виконано мовою програмування Python, показало, що запропонований метод підвищення швидкості фрактального ущільнення зображень дозволяє досягти прискорення у 5 – 10 разів, порівняно з методом за схемою Арно Жакена (повний перебір), без серйозних втрат візуальної якості зображення (рис. 2).



**Рис. 2. Результати моделювання швидкісного фрактального ущільнення:**  
*а – оригінальне зображення; б – зображення, відновлене після кодування запропонованим методом.*

Наприклад, на одному й тому ж комп'ютері, для кодування зображення розміром 512x512 методом запропонованим Арно Жакеном потрібно близько 52 хвилин, а для кодування зображення за методом запропонованим вище – всього 5 хвилин, тобто швидкість кодування зросла у 10 разів.

Для порівняння запропонованого методу і методу Арно Жакена в таблиці 1 наведені результати для зображень різного розміру.

**Таблиця 1**

**Порівняння часу кодування зображень різних розмірів**

Розмір зображення	Повний перебір, сек (tg)	Запропонований метод, сек (ts)	Коефіцієнт прискорення (tg/ts)
128x128	9,7	1,4	6,9
256x256	195,5	23,7	8,25
512x512	3125	302	10,34
1024x1024	19333,12	1587,5	12,2

Чим більші розміри зображення тим кращі результати забезпечує запропонований метод, оскільки попередній відбір зменшує для кожного рангового блоку простір пошуку доменних блоків.

**Висновок**

Основним недоліком фрактального методу є низька швидкість кодування, яка пов'язана з тим, що для отримання високої якості зображення для кожного рангового блока необхідно виконати перебір всіх доменних блоків, і для кожного доменного блока необхідно виконати не менше восьми афінних перетворень.

Запропоновано метод підвищення швидкості фрактального ущільнення



шляхом подання рангових та доменних блоків у вигляді коефіцієнтів апроксимації. Це дозволяє виконати швидкий попередній відбір доменних блоків, що в результаті підвищує швидкість фрактального ущільнення в середньому у 10 разів.



## CHAPTER 9. METHODOLOGICAL JUSTIFICATION OF THE SYSTEM OF FINES FOR CAUSING DAMAGE TO THE RECREATIONAL POTENTIAL OF THE RESORT CITY

DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-047

### **Основные понятия.**

Адресный объект – физический объект географической привязки вида рекреационного потенциала или объекта на местности.

Владелец объекта / застройщик будущего объекта – полноправные собственники объекта – географического расположения возникшего ущерба, либо источника ущерба, находящегося в юридически полном владении / временные распорядители непринятых в эксплуатацию строительных объектов.

Имидж «города-курорта»<sup>1</sup> (находится в стадии методологического формирования – определение неокончательно и дополняется настоящим исследованием) – деловая репутация города, признанного территориальной курортной зоной<sup>2</sup> представляющая собой оценку степени удобства и качества реализуемых в единой системе как природных, культурных и др. рекреационных ресурсов (рекреационного потенциала) курорта так и инфраструктурных достижений города (по отношению к Ялте вполне применима конструкция курортной столицы<sup>3</sup> как высшего уровня такого имиджа).

Объект штрафа - отношения, охраняемые от негативных воздействий, которые возникают в результате снижения ценности объекта рекреационного потенциала.

Объект рекреационного потенциала – носитель набора рекреационной ценности или их набора (комплекса) для рекреантов.

Ущерб городского рекреационного ресурса курортного города – снижение ценности ресурсного потенциала и инфраструктурных возможностей снижения доступа к ним, влекущее к сокращению потенциального дохода от реализации курортных услуг.

Понятие ненаказуемого состояния для объектов рекреационного

<sup>1</sup> Курорты отличаются от рекреационных зон тем, что имеют в своём составе, кроме природных лечебно-оздоровительных ресурсов (источников минеральных вод, лечебных грязей, благоприятного климата), систему технических (гидротехнических — питьевые галереи, бюветы, бальнеотехнических — ванны здания; курортные парки) и медико-организационных ресурсов, а также лечебно-профилактические учреждения — санатории и курортные поликлиники (и другие учреждения для лечения и отдыха) и поэтому могут оказывать медицинскую (санаторно-курортную) помощь больным различного профиля. В свою очередь, рекреационные зоны (базы (дома) отдыха, в том числе в курортных местностях) имеют лишь природные оздоровительные ресурсы и рассчитаны на оздоровление здоровых людей и профилактику у них хронических заболеваний (Википедия).

<sup>2</sup> Процесс присвоения статуса курорта городским поселениям регламентируется Федеральным законом от 23.02.1995 г. №26-ФЗ «О природных лечебных ресурсах, лечебно-оздоровительных местностях и курортах» (с изм. 28.12.2013 г.) и Постановлением правительства РФ от 07.12.1996 г. №1426 «Об утверждении положения о признании территорий лечебно-оздоровительными местностями и курортами федерального значения» (в ред. Постановления Правительства РФ от 20.12.2002 г. №909).

<sup>3</sup> – курортные столицы – круглогодичные курорты мирового уровня с широким спектром санаторно-курортных и туристских организаций, научных и учебных заведений, изучающих проблемы курортологии и готовящих специалистов в области туризма



потенциала – соответствие целевому назначению, технологическая законченность без следов ветхости, сверхнормативного износа, отсутствия дополнительных конструкций и линий (кондиционирования, спутниковых антенн, электро-кабелей и разводки связи).

Рекреационный потенциал - это совокупность природных, культурно-исторических и социально-экономических объектов/предпосылок (условий) для организации рекреационной деятельности на определенной территории (обязательность привязки к территории).

Рекреант – потенциальный покупатель рекреационных услуг (как продукта рекреационной деятельности).

Рекреационная деятельность - это деятельность человека в свободное от работы время, организуется в рамках рекреационной отрасли в санаториях, пансионатах, домах и лагерях отдыха, в туристических учреждениях и т. п.

Рекреационные ресурсы совокупность объектов и сил природы, объектов культурно-исторического наследия, а также результатов человеческой деятельности, выступающих как ведущие системообразующие факторы развития разных видов и форм рекреационной деятельности.

Рекреационное хозяйство – отрасль хозяйства, обеспечивающая удовлетворение потребности населения в рекреации.

Рекреационная география, науч. направление в географии, изучающее территориальные закономерности человеческой деятельности, направленной на восстановление способности населения к труду. Рассматривает закономерности формирования, развития, разнообразия и распространения территориальных рекреационных систем, механизм их действия, связи между ними и взаимодействие с другими геосистемами.

Территориально-рекреационная система (ТРС) – это специализированная территория, которая предназначена для обеспечения рекреации и получения дохода за счет учреждений, связанных с обслуживанием рекреантов.

Туристская дестинация - решающий элемент туристской системы. Ее можно охарактеризовать как центр (территорию) со всевозможными удобствами, средствами обслуживания и услугами для обеспечения всевозможных нужд туристов.

### **9.1. Постановка проблемной ситуации в вопросах оценки потерь рекреационного потенциала.**

Под рекреационным потенциалом географических зон подразумевается группа природных, культурных, исторических, социальных и экономических условий для ведения восстановительных процессов на конкретных территориальных участках. Основополагающей составляющей выступают природные запасы. В настоящем случае территориально потенциал ограничен границами города. Данный подход можно считать нестандартным так как в классическом понимании потенциал оценивается в масштабах:

- мировых;
- государственных;
- районных.



Границы города – ограничение искусственное, вместе с тем может включать все элементы рекреационного потенциала территории.

Рекреационный потенциал территории включает:

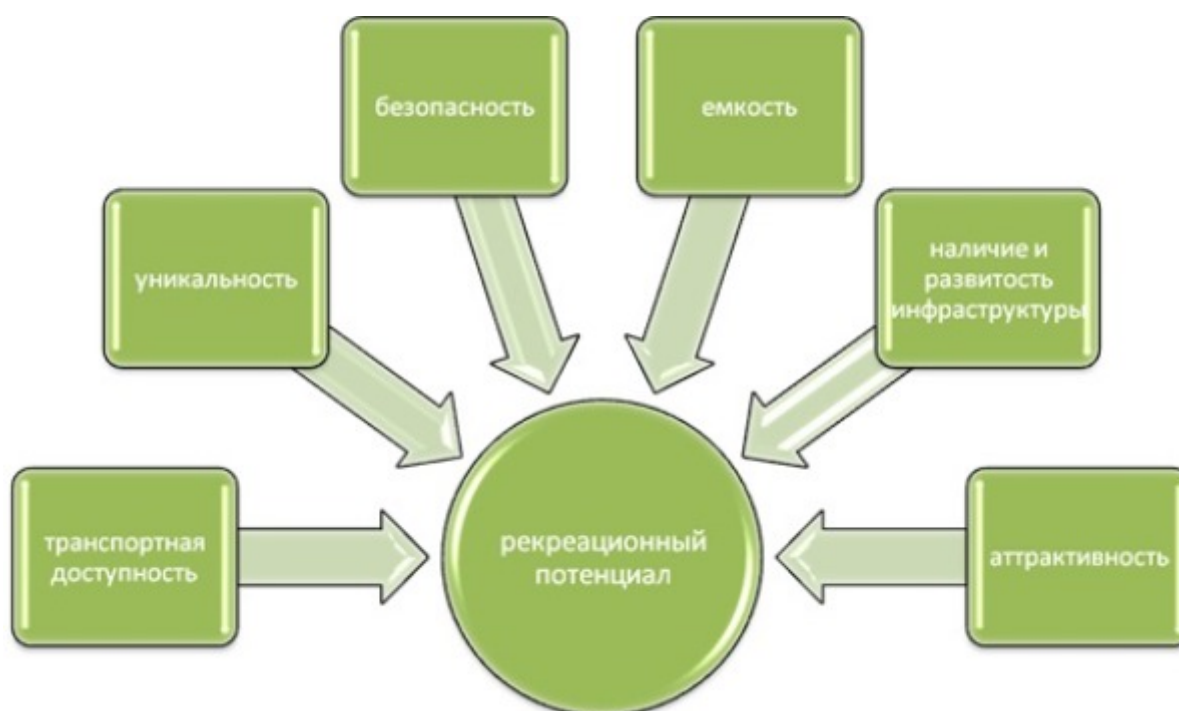
- ресурсную составляющую;
- социально-экономическую составляющую;
- рекреационные ресурсы;
- материально-техническую базу;
- лимитирующие факторы.

На территории города они могут располагаться неравномерно, наслаиваясь и усиливая как положительный, так и негативный эффекты.

Ниже схематично приведен перечень компонентов, которые формируют рекреационный потенциал, рис. 1.

В обязательном порядке берется во внимание направленность рекреационной зоны. На начальных стадиях выполнения исследовательских мероприятий требуется провести детальный анализ состояния территории и ее потенциала на конкретном этапе.

Что касается г. Ялты, на основе которого подготовлена данная методика, - большая работа по зонированию проведена Ялтинским городским исполнительным советом депутатов и городской администрацией. Зонирование курорта проведено достаточно подробно (что и будет учтено при установлении поправочных коэффициентов к основной ставке по типу ущерба).



**Рис. 1. Компоненты, формирующие рекреационный потенциал [19]**

Производится оценка показателей природных запасов. В дальнейшем нужно изучить материально-технические ресурсы и сформировать вывод о максимальном потенциале участка без нанесения ему ущерба.

Принимая в качестве такого «участка» территорию города-курорта,



основной акцент должен быть сделан на системность изучения такого искусственного зонирования как городская черта, того города, который специализируется на принятии туристов-курортников.

В последующие три десятилетия экономистами, географами, учеными других специальностей постоянно уточнялись содержание этого понятия.

Так, по определению А.В. Гидбута и А.Г. Мезенцев определяют рекреационные ресурсы – это объекты и явления природы и культуры, которые могут быть использованы для рекреационной деятельности человека при определенных социальных, экономических и технических условиях.

Т.В. Николаенко трактует рекреационные ресурсы как компоненты природной среды и феномены социокультурного характера, которые, благодаря определенным свойствам, могут быть использованы для организации рекреационной деятельности [1].

Данная трактовка важна тем что устанавливает бинарность рекреационного ресурса как объекта, состоящего из природных и искусственно созданных компонент/феноменов ресурсов рекреационной направленности. Такой акцент обосновывает возможность комбинации в усилении полезности рекреационных объектов или усиления ущерба при их повреждении (снижении ценности).

По мнению В.А. Квартальнова и И.В. Зорина, рекреационные ресурсы – это часть туристских ресурсов, которая представляет собой природные и антропогенные геосистемы, тела и явления природы, артефакты, обладающие комфортными свойствами и **потребительской стоимостью для рекреационной деятельности**, и могут быть использованы для организации отдыха и оздоровления определенного контингента людей в фиксированное время с помощью существующей технологии и имеющихся материальных возможностей [2].

Приведенное определение включает понятие «потребительской стоимости», и конкретное условие, и место ее возникновения, формирования и возможной потери – рекреационная деятельность.

В научной литературе встречается и такое определение, где рекреационные ресурсы понимают как совокупность компонентов природных комплексов и объектов историко-культурного наследия, формирующих гармонию целостности ландшафта, прямое или опосредованное потребление которых оказывает благоприятное воздействие, способствует поддержанию и восстановлению физического и духовного здоровья человека.

Данное определение включает элементы субъективизма и в дальнейшем может усложнить формируемую методику.

Анализируя изложенные выше определения понятия «рекреационные ресурсы», автор рассматривает рекреационные ресурсы в качестве объектов и сил природы, объектов культурно-исторического наследия, а также результатов человеческой деятельности, выступающих как ведущие системообразующие факторы развития разных видов и форм рекреационной





деятельности<sup>4</sup>.

Среди особенностей понятия «рекреационные ресурсы» выделяются:

- качественная разнородность состава рекреационных ресурсов;
- качественная и количественная исчерпаемость, возобновимость и время их производства;
- наличие системного эффекта при их эксплуатации;
- лимитируемость любым из природных факторов, параметры которого призваны дискомфортными.

Данные особенности учтены планом зонирования города, и как было упомянуто ранее, данный план будет выступать основой для оценки большинства ресурсов.

Прежде всего необходимо отметить, что оценивать весь потенциал – не цель – обособить каждый как основа для штрафа – вот отличие и одновременно укрупненная задача формируемой методики.

Существующие мнения, формирующие проблему:

Поскольку сфера туризма и по контингенту обслуживаемых, и по характеру учреждений для их обслуживания во многом совпадает со сферой рекреации, поскольку трудно установить, кто именно пользуется данной услугой – местный рекреант или приезжий турист, постольку изучение географии рекреации и туризма (и соответствующих территориальных систем) объединяется в одну дисциплину<sup>5</sup>.

Необходимо понятие комплексного типа среднего рекреанта (КТСР) – как потенциального источника получения дохода (главное отличие от предыдущих подходов, определяющих потери рекреационных ресурсов из-за невозможности отдачи вложенных средств).

Под комплексным типом среднего рекреанта (КТСР) в данном исследовании считается приезжий турист, который в разрезе влияния имидж-потерь для города.

Первая особенность определения состоит в том, что фактически не учитывается местный житель – потребить рекреационных ресурсов в виде услуг. Основанием для такого допущения является финансовая сторона вопроса отдачи на созданный рекреационный потенциал. Проживая на территории города-курорта (или в непосредственной близости) местный житель, предпочтя более привлекательный с его точки зрения объект рекреации потратит денежные средства в пределах рекреационной площади города (или близкой по границам дестинации, например, в пределах Большой Ялты).

Что касается категории «приезжий турист» то в его составе моно выделить

---

<sup>4</sup> Жолдасбеков А.А., Мамадияров М.Д., Жолдасбекова Б.А. ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ КАК ОСНОВА ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 11-3. – С. 213-214; URL: <http://www.expeducation.ru/ru/article/view?id=4357> (дата обращения: 14.10.2019).

<sup>5</sup> Голубчик М.М., Файбусович Э.Л., Носонов А.Н., Макара С.В. Экономическая и социальная география / Основы науки; Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. — М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2004. — 400 с.: ил.



следующие типы (классификация I):

- одноразовые посетители 1 (нелояльные и без перспектив стать лояльными в будущем);
- одноразовые посетители 2 (с перспективой приобретения лояльности в будущем);
- традиционно отдыхающие курорта посетители 3 (имеющие недвижимость в городе);
- традиционно отдыхающие курорта посетители 4 (без перспективы приобретения недвижимости в городе в будущем);
- традиционно отдыхающие курорта посетители 5 (перспективные клиенты покупки недвижимости в городе в будущем).

Безусловно, для каждого из перечисленных типов приезжих туристов потенциальные потери будут различными, однако исчислить их с высокой степенью достоверности невозможно. При покупке какого-либо объекта местным жителем или туристом последующие траты на инвестиционный объект могут быть практически идентичными с точки зрения пополнения местного бюджета. Важность такого деления (классификация I) может проявиться при подсчете количества дней пребывания таких туристов и при рассмотрении зонирования рекреационного потенциала с наложением на зоны по типам застройки генерального плана города. Класс жилой недвижимости коррелирует с уровнем развития рекреационной инфраструктуры и существенно влияет на спрос на недвижимость премиум-класса и «де люкс».

По мнению одного из самых авторитетных отечественных исследователей социально-экономической географии и в том числе рекреационной географии Голубчика М.М., - «... если натуральные показатели (число туристов, персонал, занятый непосредственно их обслуживанием) фиксируются относительно точно и сравнимы по странам, то нельзя этого утверждать в отношении показателей в денежном выражении. Отсутствует единая методика подсчета ... не учитываются доходы от сдачи внаем помещений в частном секторе отдыхающим, дачникам, от проданной им сельскохозяйственной продукции личных подсобных хозяйств, не учитывается деятельность детских учреждений летнего отдыха... Трудно определить долю доходов от приезжающих рекреантов как покупателей, посетителей учреждений общественного питания, бытового обслуживания, культурных учреждений [19].

Установление проблемной ситуации оценки потерь рекреационного потенциала курортного города в системе его основных категорий представлено в виде схемы системного взаимодействия установленных предмета, объекта и субъекта возникновения ущерба, рис. 2.

Общий урон рекреационному потенциалу курортного города можно предварительно сформулировать вербально (не финансово) как такое состояние рекреационного объекта (событие), которое для рекреанта воспринимается негативным с точки зрения неоправданных ожиданий от наличного состояния и доступности природных и социокультурных объектов, а также возникновения потенциальных угроз их жизни и/или здоровью.



\* - реконструируемые только с индивидуальной оценкой проекта реконструкции

**Рис. 2. Установление проблемной ситуации оценки потерь рекреационного потенциала курортного города в системе его основных категорий**

Возвращаясь к рис. 1, можно отметить, что для упрощения дальнейших работ по выделению и разработки критериев стандартизации и унификации объектов рекреационного потенциала все его компоненты можно объединить в смысловые связки типа: I. «уникальность-аттрактивность», II. «безопасность-транспорт-инфраструктура». Показатель емкости является важнейшим компонентом рекреационного потенциала, его оценивают на основе расчета средней единовременной плотности рекреантов. Делается это с целью



установления порогового значения посещений того или иного объекта, не приводящего возникновению необратимых изменений (негативных).

Однако в пределах городской черты расчеты годовая рекреационная нагрузка (как и более детализированные ее разновидности вплоть до суточных значений) будет практически всегда на высоком значении и именно она обуславливает максимальный вред даже относительно небольшим ущербам рекреационных объектов в курортном городе. Особенностью является то, что практически все объекты в городе уже находятся под мощным антропогенным воздействием и созданы с учетом обеспечения большой пропускной способности. Также к специфическим чертам курортных городов является установления приоритета мероприятий обеспечения повышенной безопасности в местах большого скопления людей (например, в Ялте это Автовокзал). Вследствие чего безопасность стоит первой в смысловой связке компонент рекреационного потенциала (тип II. «безопасность-транспорт-инфраструктура»). Это означает, что неудобство заградительных сооружений антитеррора для людей на вокзале нельзя считать уроном для рекреационного потенциала, несмотря на заметное ухудшение скорости передвижения между платформами и т.п. Необходимо отметить, что данная методика поднимает проблематику, более направленную на моральный ущерб – резонанс от которого может быть потенциально значительно выше чем наличие прямого ущерба, например, зеленым насаждениям, убытки по которым будут равны стоимости их приведения в первоначальный вид.

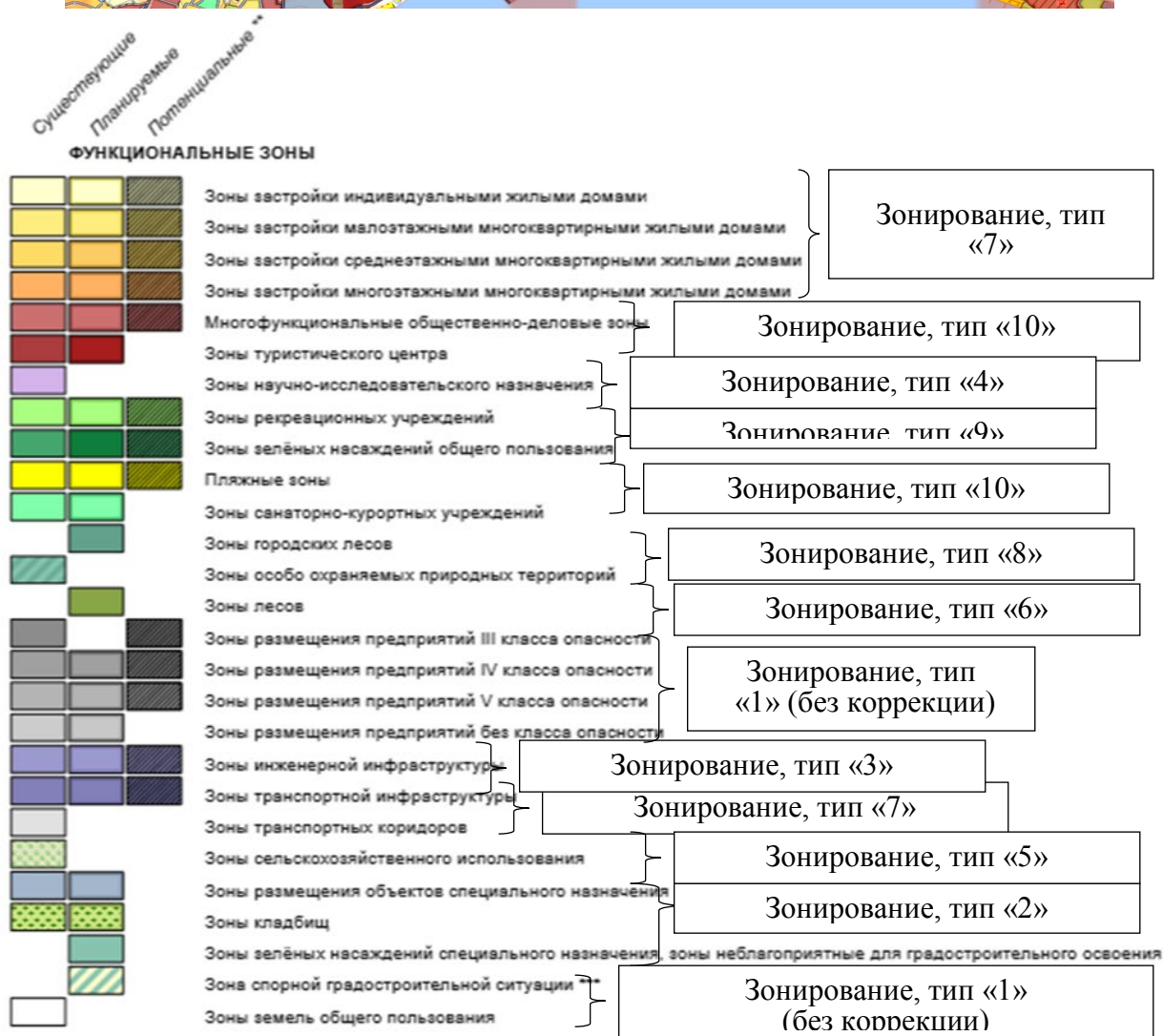
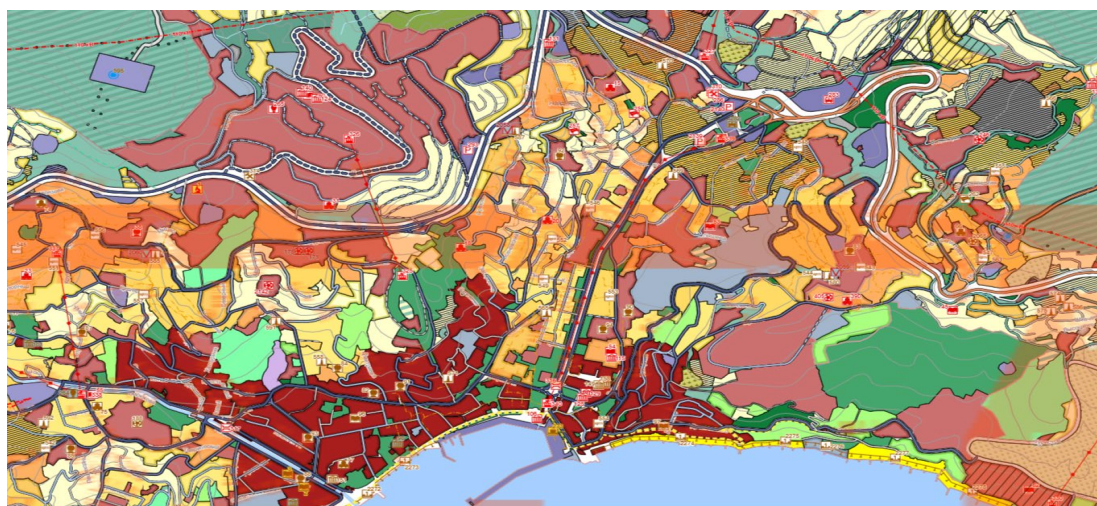
Моральный ущерб по тем же насаждениям может быть часто связан с их непрезентабельным изначальным видом, несоответствующим статусу курортного города. Задача такой оценки существенно сложнее и может быть решена на данном этапе развития науки городского хозяйства с большим количеством допущений и скорее стимулировать к достижению общемировых стандартов оформления, инфраструктурных решений, мероприятий безопасности городской среды.

Второй аспект – это зонирование рекреационного комплекса города в зависимости от рекреационной важности.

Учитывая, что в тематике исследования прописана городская дестинация как место реализации рекреационного потенциала на первом месте следует закрепить именно те аспекты, которые присущи именно городскому образованию, объектов культуры, истории, знаковых объектов «Чудес Южного Берега Крыма» (к которым, например, отнесена Набережная им. Ленина в Ялте).

Отталкиваясь от зонирования генерального плана города Ялты было проведено присвоение индекса важности для каждой территории. В сокращенном виде генплан Ялты представлен на рис. 3.

Проведенное в рамках выполнения работ по разработки настоящей методики было остановлено, что на основе используемых для построения генплана принципах разработаны и генпланы других городов-курортов в Российской Федерации. Также надо отметить, что города могут самостоятельно вырабатывает единый стиль города, реализуемых в шрифтах и декоре



**ПРИМЕЧАНИЕ**

\*\* Функциональные зоны, установление которых возможно при условии устранения противоречий, вызванных расположением в них земельных участков, образованных без учёта ограничений, устанавливаемых для зон с особыми условиями использования территории в соответствии с законодательством Российской Федерации

\*\*\* Зона с наложением границ земельных участков с различными видами разрешенного использования или наличием противоречий прав собственников земельных участков государственным интересам

**Рис. 3. Генеральный план города Ялты (Республика Крым, РФ) с установлением типов к применяемой минимальной ставке возмещения ущерба рекреационному потенциалу города**



оформления вывесок магазинов, учреждений, санаториев, рекламных щитов, фонтанов, колоннад и других малых архитектурных объектов. По данному вопросу был исследован опыт города-курорта Анапа (Краснодарский Край, РФ) и посёлка Витязево (округ города Анапа). В качестве основного стиля выбран классический греческий или эллинский стиль как в части шрифтов, так и архитектурных решений. Отклонение от общего стиля на основных транспортных артериях и в пешеходных туристических зонах может служить основанием для оформления предписания для приведения внешнего вида объекта к общепринятой стилистике.

### **9.3. Описание системы штрафования за нанесение ущерба рекреационному потенциалу города Б. Ялта**

Рекреационный потенциал территории – это набор природно-климатических, историко-культурных, лечебно-оздоровительных, спортивных составляющих, имеющих благоприятное воздействие на физическое и психоэмоциональное состояние человека. Территории с такими составляющими во всём мире имеют особую ценность. Для их сохранения и умножения разрабатываются специальные программы защиты и развития, кроме того, на участках, отдалённых от природных рекреационных территорий, создаются рекреационные зоны – парки, водоёмы, скверы, аллеи, искусственные пляжи, и пр. Такие зоны призваны служить источником восстановления внутренних ресурсов человеческого организма. Сохранение таких территорий регулируется отдельным законодательством, за нарушение которого предусмотрена ответственность. Южный берег Крыма является природной рекреационной зоной. Около 40% всего туристического потока Республики Крым приходится на территорию г. Б. Ялта. Территория является уникальной по своим составляющим. Большая Ялта известна своим благоприятным климатом – высокой среднегодовой температурой, продолжительным купальным сезоном и большим количеством дней солнечного сияния, а также высокой влажностью воздуха. Всё это является основой развития на территории лечебной и курортной деятельности. В санаториях Южного Крыма лечат заболевания опорно-двигательного аппарата, органов дыхания, неврологические заболевания, заболевания верхних дыхательных путей, дыхания, сердечно-сосудистой системы, функциональные расстройства нервной системы, занимаются урологией, лечебно-оздоровительной профилактикой, проводят общетерапевтическое лечение. 7% территории всего округа занимают рекреационные учреждения.

Число видов туризма, которые возможно осуществлять на территории Б. Ялты превышает 15, это такие как:

- пешеходный туризм;
- велосипедный туризм;
- спелеотуризм и скалолазание;
- спортивные походы;
- зимний отдых в горах;



- автотуризм, водный туризм;
- подводный туризм (дайвинг);
- воздушный туризм;
- охотничий и рыболовный туризм;
- религиозный туризм;
- историко-археологический туризм;
- историко-архитектурный и военно-исторический туризм;
- этнографический и сельский туризм;
- винный туризм, спортивный туризм.

Большую часть территории, относящейся к городскому округу, занимают заповедные и парковые зоны (55% от всей площади Б. Ялты), в границах которых расположены водопады, озёра, реки, а также источники минеральных вод. Также Ялта располагает большим количеством памятников природы – 25 объектов, и объектов культурного наследия – более 650 ед. Особую ценность для территории представляет собой береговая линия, представленная цепью пляжей природного и искусственного происхождения. Уникальный ландшафт, в сочетании с выходом к Чёрному морю, обладает высокой эстетической ценностью. Наглядно достоинства территории представлены на рис. 4 «Карта рекреационного потенциала г. Ялты». Территория городского округа имеет хорошо развитую инфраструктурную сеть, обеспечивающую местных жителей и гостей курорта всеми необходимыми благами.

Вся совокупность вышеперечисленных факторов, безусловно, оказывает благоприятное воздействие на организм человека и характеризует территорию, как территорию с высоким рекреационным потенциалом, для сохранения и умножения которого должны быть использованы специальные программы. Прежде всего – это программы контроля над соблюдением правил благоустройства территорий, имеющих особую рекреационную ценность, к которым относится Б. Ялта, а также – над соблюдением законодательства в области охраны природы. Эти две составляющие имеют первостепенное значение в сохранении и развитии уникальной среды г. Ялта. Однако на современном этапе наблюдается нарушение основных правил. Происходит загрязнение окружающей среды вследствие выбросов различных веществ, несвоевременной или не правильной утилизации отходов, утечки веществ вследствие аварий и несоблюдения норм их перевозки и хранения, и т.д.

Наблюдается застройка парковых и заповедных зон, «стометровой зоны», снос объектов, представляющих культурную ценность, искажение фасадов старинных зданий в процессе реставрации и перепланировки, а также их адаптации под различные экономические объекты. Исторический центр города на современном этапе потерян. Произошло его видоизменение в результате нарушения первоначального вида старинных зданий, хаотичного возведения многоэтажных объектов, не соблюдающих общий стиль строений центральной части, активного размещения информационных вывесок, плакатов, и проч.

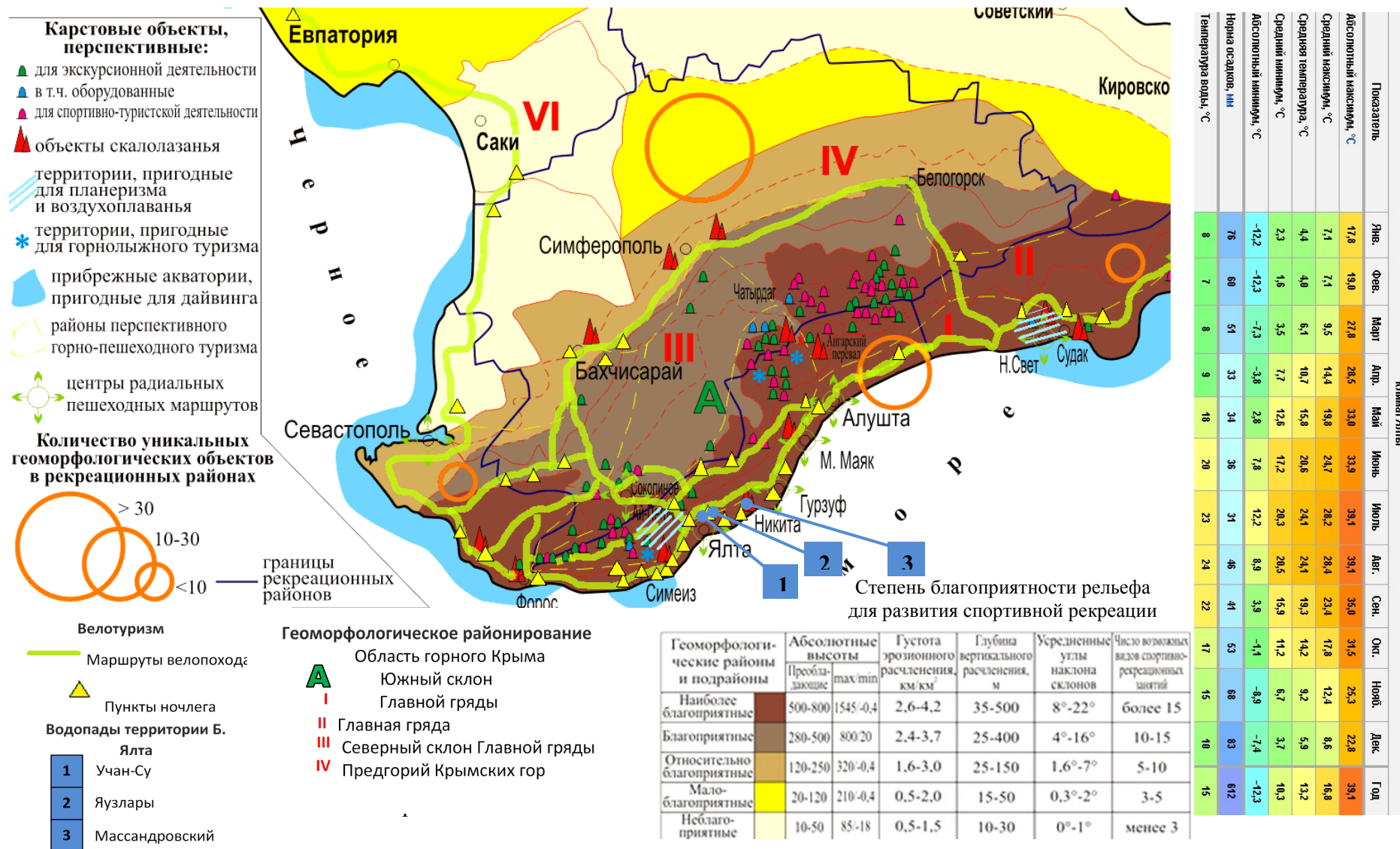


Рис. 4. Карта рекреационного потенциала г. Б. Ялта





Затрагивая вопрос о возведении капитальных объектов на территории исторического центра города, в стометровой зоне, и других особо важных территориях, стоит отметить наличие нарушений в области периодов строительства. Согласно законодательству, ведение строительных работ в летний период запрещено<sup>6</sup>, однако это правило в большинстве случаев не соблюдается.

Также по всей территории наблюдается заграждение, присвоение видовых площадок, пляжных и парковых территорий, нанесение ущерба зелёным зонам, заграждение пешеходных зон и зон отдыха автомобильными средствами, хаотичная застройка первых этажей старинных зданий различными пристройками, нарушающими эстетичный вид улиц, архитектурных ансамблей, и т.д. Недостаточное внимание уделяется охране памятников природы – наблюдается их засорение, порча, частичное разрушение, застройка. Ненадлежащий уход за памятниками культуры, несвоевременная реконструкция ведут к потере их первоначального вида. Многие объекты являются аварийными, и не доступны для посещения туристами. В качестве примера указанных нарушений можно представить следующее:

1. Загрязнение и застройка - территории Ялтинского горно-лесного заповедника (рис. 5):



**Рис. 5. Ялтинский горно-лесной заповедник**

<sup>6</sup> Постановление Администрации города Ялта № 1491-п от 30 марта 2017 года «О приостановлении всех видов строительных работ на территории муниципального образования городской округ Ялта Республики Крым»



2. Капитальное строительство в стометровой зоне (г. Ялта, Приморский парк), рис. 6:



**Рис. 6. Строительство в стометровой зоне**

3. Загромождение пешеходных улиц автомобильными средствами (г. Ялта, ул. Чехова), рис. 7:



**Рис. 7. Пешеходная улица в г. Ялта**

4. Изменение первоначального вида фасадов старинных зданий (г. Ялта, ул. Ломоносова и Графский проезд), рис. 8 и 9:



**Рис. 8. Разрушение фасадов старинных зданий**



## 5. Доведение исторически значимых объектов до аварийного состояния:



**Рис. 9. Аварийные старинные здания на территории г. Ялта**

На фотографиях 10.1, 10.2 – здания, находящиеся на территории исторического центра Ялты:



**Рис. 10. Зброшенныя памятники архитектуры в историческом центре Ялты**

Состояние вышеуказанных памятников архитектуры не позволяет осуществлять их осмотр; территории, прилегающие к ним, также находятся в заброшенном состоянии, что не позволяет сделать эти объекты посещаемыми. Через них не пролегают туристические маршруты, объекты не входят в списки экскурсий, и не доступны взгляду туристических масс. Таким образом, в результате халатного отношения к состоянию исторически значимых объектов, территория г. Б. Ялта теряет около восьми архитектурных памятников. Наличие подобных нарушений ведёт к потере привлекательности территории для посещения туристами, то есть, к снижению рекреационного потенциала и поступлений в муниципальный бюджет.

Решением данной проблемы может стать внедрение на территории эффективной системы штрафования, разработанной с учётом её особенностей и потребностей. Для этих целей был проведён анализ законодательной и нормативно-правовой базы, касающейся данного вопроса. Его результатом



6. Доведение культурно-исторических объектов до аварийного состояния (пгт. Симеиз, Вилла «Ксения», Вилла «Мечта»). Объекты закрыты для посещения, поскольку существует угроза обрушения, рис. 11.



**Рис. 11. Полуразрушенные памятники архитектуры пгт. Симеиз, Б. Ялта**

стало подтверждение отсутствия единой системы контроля над поддержанием и развитием рекреационного потенциала территории. Не все существующие проблемы сформулированы и прописаны в законодательных актах, нет чёткого определения ответственности – даётся лишь сноска на Кодекс административных правонарушений, то есть, ответственность предусмотрена в общепринятых рамках – это штрафование виновных лиц. Не делается акцент на уникальности территории, на её особом значении для населения – не только местного, но населения страны в целом, как источника восстановления физического и психоэмоционального здоровья, а также граждан зарубежья – в перспективе. Нормативно-правовая база региона не оперирует понятиями рекреационной ценности и рекреационного потенциала: на территории, в общем представляющей собой рекреационную зону, происходит выделение локальных рекреационных зон – по аналогии с промышленными областями. В то же время, федеральным законодательством оговорено допущение внесения изменений в местные нормативные акты, согласно особенностям территорий. Отдельным вопросом является экономическая обоснованность сумм штрафов, взимаемых в случаях выявленных нарушений. Они также находятся на уровне, установленном государством, в то время как любой ущерб, наносимый зоне с особой рекреационной ценностью, имеет большее суммарное отрицательное



воздействие, чем на иных территориях. Регулирование этих проблем должно носить приоритетный характер, особенно в случае, когда перспективой развития Крыма в целом, а в частности – Южного Берега, в состав которого входит Б. Ялта, указывается создание круглогодичной курортной территории<sup>7</sup>. В рамках реализации этого направления развития<sup>8</sup> отсутствие системы контроля над соблюдением законодательства в области сохранения и умножения потенциала территории недопустимо. Важно повышать конкурентоспособность территории, способствовать росту спроса среди туристов, сохранению уникальности, и развитию территории. Этого можно достичь, путём систематизирования законодательной и нормативно-правовой базы, имеющей экономическое обоснование. Внедрение системы штрафования, послужило бы основным механизмом сохранения и развития уникальной рекреационной среды. Для этих целей составим таблицу возможных видов нарушений, имеющих прямое или косвенное воздействие на рекреационный потенциал г. Б. Ялта, укрупнив их по основным группам (табл. 1). Из таблицы видно, что четвертая группа ущерба не имеет конкретного регулирования со стороны законодательства, в то время как является особо значимой для любого субъекта, основная отрасль которого – туризм. То есть, не происходит даже её выделения на законодательном уровне. Наибольшее число нарушений приходится на последнюю группу, что имеет особо негативные последствия для благосостояния и развития территории. Существующий уровень штрафов не обеспечивает должного эффекта в защите потенциала территории (ни психологического, как инструмента предупреждения возможных правонарушений, наносящих ущерб действиям, ни экономического, выражающегося в компенсации ущерба, уже нанесённого рекреационному потенциалу территории). Под ущербом рекреационному потенциалу территории стоит понимать не только изменения окружающей среды, как таковые, но и возникающее вследствие этого снижение спроса на территорию среди туристов, т.е. – уменьшение объёма туристического потока.

Таким образом, построение системы штрафования должно иметь следующие этапы:

1. Введение понятий рекреационного потенциала, ущерба рекреационному потенциалу, понятия зон особого контроля (или «визитной карточки» территории); разделение видов нарушений в соответствии с основными группами ущерба рекреационному потенциалу, а также их отделение от прочих административных правонарушений в отдельную главу, или документ.

2. Выделение зон особого контроля в отдельно контролируемую группу, для которой должны быть определены соответствующие виды и объёмы ответственности.

---

<sup>7</sup> Закон Республики Крым № 51-ЗРК «О туристской деятельности в Республике Крым» от 30.07.2014 г., С.6.

<sup>8</sup> Стратегия социально-экономического развития муниципального образования городской округ Ялта на период до 2030 года. Москва, 2016 г.



Таблица 1

## Виды нарушений в г. Б. Ялта по основным группам

№	Группа ущерба	Содержание	Законодательное регулирование		Границы штрафов
1	Природно-климатический	<ul style="list-style-type: none"> <li>- загрязнение воды, воздуха различной степени</li> <li>- загрязнение, вырубка, застройка, причинение иного вреда заповедной зоне;</li> <li>- уничтожение, причинение вреда редким видам растений и животных;</li> <li>- нанесение ущерба памятникам природы;</li> <li>- уничтожение, загрязнение источников (в т.ч. минеральных);</li> <li>- и т.д.</li> </ul>	ЗРК «О растительном мире» ЗРК «О регулировании водных отношений в Республике Крым» ЗРК «О животном мире» ЗРК «Об особо охраняемых природных территориях Республики Крым» ФЗ «О природных лечебных ресурсах, лечебно-оздоровительных местностях и курортах» ЗРК «О Красной книге Республики Крым» ЗРК «О регулировании лесных отношений на территории Республики Крым» ЗРК «О курортах, природных лечебных ресурсах и лечебно-оздоровительных местностях Республики Крым»	-	500 - 50 000 руб., в зависимости от статуса виновного лица
2	Историко-культурный	<ul style="list-style-type: none"> <li>- нанесение повреждений, загрязнение, порча, уничтожение объектов, имеющих историческую и культурную ценность, а также территорий, прилегающих к ним;</li> <li>- ограничение доступа к объектам, имеющим историческую и культурную ценность;</li> <li>- искажение фасадов старинных зданий в процессе реставрации и перепланировки, а также их адаптации под различные экономические объекты;</li> <li>- доведение объектов, имеющих историческую и культурную ценность, до состояния, не подлежащего восстановлению (в т.ч. бездействие и несвоевременное принятие мер по их поддержанию)</li> <li>- и т.д.</li> </ul>	ЗРК «Об объектах культурного наследия в Республике Крым»	КоАП РК	1 000 – 500 000 руб., в зависимости от статуса виновного лица
3	Спортивно-рекреационный	<ul style="list-style-type: none"> <li>- загрязнение, застройка, ограничение доступа к пляжам;</li> <li>- загрязнение, загрязнение, уничтожение троп здоровья, велосипедных и пешеходных туристических маршрутов, мест отдыха;</li> <li>- размещение транспортных средств на пешеходных улицах;</li> <li>- разрушение, загрязнение, приведение в состояние, непригодное для использования, объектов, имеющих спортивную ценность, в т.ч. различных природных объектов (скалы, пещер, хаосов, бухт, и т.д.);</li> <li>- и т.д.</li> </ul>	ЗРК «Об особо охраняемых природных территориях Республики Крым» ЗРК «О курортах, природных лечебных ресурсах и лечебно-оздоровительных местностях Республики Крым» ЗРК «Об организации и обеспечении отдыха детей и их оздоровления в Республике Крым»	Правила благоустройства территории муниципальнообразованного городского округа Ялта Республ	1 000 – 500 000, в зависимости от статуса виновного лица



4	Ущерб зонам особого контроля («визитной карточке»)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- нанесение различных видов ущерба объектам, имеющим особую ценность для территории (исторический центр города, уникальные природные, культурно-исторические, архитектурные, инфраструктурные объекты, отдельные улицы, объекты живого и растительного мира, стометровая зона, и проч., имеющее особую популярность среди местного населения и гостей курорта – т.е. всё то, что делает территорию узнаваемой), в т.ч.:</li> <li>- изменение исторического центра города посредством возведения многоэтажных, стилистически не согласованных, и т.д. объектов капитального строительства, искажающих эстетический комплекс, мешающих обозрению, и т.д.;</li> <li>- загрязнение городского пространства различного вида отходами;</li> <li>- хаотичное размещение рекламных плакатов, вывесок, и проч. на фасадах зданий, аллеях, улицах, и др.</li> <li>- уничтожение, разрушение, ограничение доступа к смотровым, видовым, панорамным площадкам (в т.ч. возведение перед ними объектов, мешающих обзору, и существенно нарушающих эстетичный вид обозреваемой площади);</li> <li>- и т.д.</li> </ul>	Не регулируется отдельно	ики Крым  Положе ние о взаимод ействии  ЗРК «Об особо охраняе мых природн ых террито риях Республ ики Крым»	Ко А П	Не регулируе тся отдельно, только на общих основания х: в соответст вии с общими норматив но- правовым и документа ми: 1 000 – 500 000, в зависимос ти от статуса виновного лица
---	--	---	--------------------------	---	--------------	---

3. Пересмотр сумм взимаемых штрафов путём введения повышающего коэффициента для всей территории в целом; пересмотр ответственности за нанесение ущерба природно-климатической составляющей территории, как основного элемента осуществления туристско-рекреационной деятельности; определение штрафных сумм для зон особого контроля.

4. Создание специального сайта, предназначенного для контроля за нарушениями, несущими негативное воздействие на рекреационный потенциал территории.

В качестве основы для определения повышающего коэффициента предлагается использовать оценку рекреационного потенциала территории – сводный показатель, характеризующий степень качества природно-климатических ресурсов, историческую, спортивную, санаторно-лечебную ценности территории, а также степень её инфраструктурной развитости в отношении к общей площади территории. Ниже представлена разработанная методика расчёта. Рассмотрим её элементы.

I. Природная ценность (формула 1):

$$K_I = \frac{\sum S_{\text{заповедников, парков, садов, заказников, зоопарков, и пр.}}}{S_{\text{общая территория}}} + \frac{\text{Количество памятников природы}}{S_{\text{общая территория}}} \quad (1)$$

II. Санаторно-лечебная ценность (формула 2):

$$K_{II} = \frac{\text{Количество лечебных, минеральных, др. источников}}{S_{\text{общая территория}}} + \frac{S_{\text{пляжей}}}{S_{\text{общая территория}}} + K_{\text{ок}} + \frac{S_{\text{рекреационных территорий}}}{S_{\text{общая территория}}}, \quad (2)$$

где:  $K_{\text{ок}}$  – коэффициент благоприятности климата (рассчитывается по формуле 3).



$$K_{\text{бк}} = \frac{\text{Количество месяцев купального сезона}}{12} + \frac{\text{Продолжительность солнечного сияния}}{8760} + \text{Температура (балл)} + \text{Влажность (балл)} \quad (3)$$

Баллы последних составляющих определяются в соответствии с представленными ниже таблицами, основанными на градации этих показателей в зависимости от благоприятности воздействия на организм человека.

Таблица 2

**Оценка влажности воздуха на территории:**

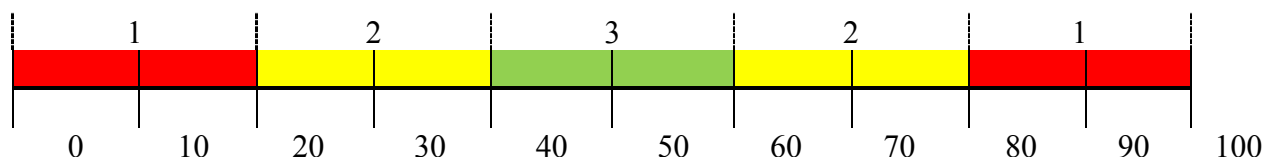
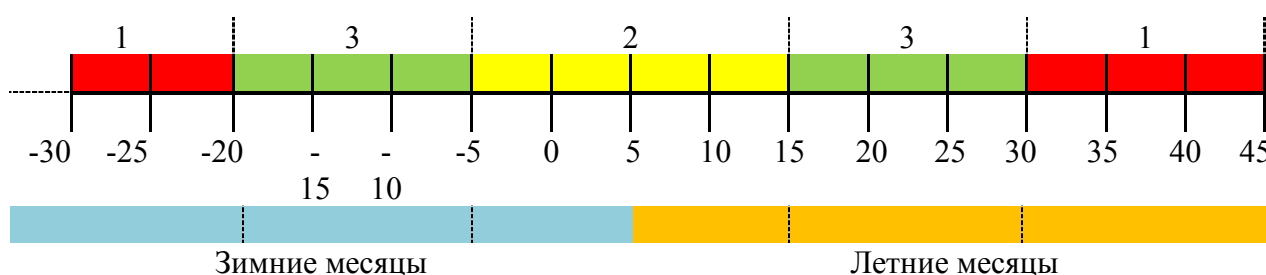


Таблица 3

**Оценка температуры на территории:**



III. Культурная ценность:

$$K_{III} = \frac{\text{Количество объектов культурного наследия}}{S_{\text{общая территории}}} \quad (4)$$

IV. Спортивная ценность:

$$K_{IV} = \text{степень благоприятности рельефа для развития спортивной рекреации}^* \quad (5)$$

\*Определяется в соответствии с данными, представленными на рис. 4.

V. Развитость инфраструктуры

$$K_V = \frac{S_{\text{застроенных территорий}}}{S_{\text{территорий населённых пунктов}}} * \frac{\text{Общая протяжённость автомобильных дорог}}{S_{\text{территорий населённых пунктов}}} \quad (6)$$

Таким образом, рекреационный потенциал территории будет рассчитываться следующим образом:

$$РП_T = \sum K_I; K_{II}; K_{III}; K_{IV}; K_V \quad (7)$$

На основе данной методики произведём расчёт оценки рекреационного потенциала территории Б. Ялты. Данные, необходимые для расчётов, сведём в обобщающую таблицу (табл. 4).





Таблица 4

## Характеристика рекреационного потенциала территории Б. Ялта

Элементы	Единицы	
Площадь территории Б. Ялта	283 км <sup>2</sup>	
Протяжённость береговой линии	72 км	
Протяжённость пляжей	59 км	
Площадь пляжей	0,6 км <sup>2</sup>	
Протяжённость заповедной зоны	40 км	
Площадь заповедной зоны	148 км <sup>2</sup>	
Количество парковых зон *	13 ед.	
Площадь парковых зон *	6,2 км <sup>2</sup>	
Общая площадь рекреационных учреждений	10 км <sup>2</sup>	
Количество водных объектов	11 ед.	
Общая протяжённость рек	65,4 км	
Наличие источников (минеральные воды)	4 ед.	
Количество возможных видов спортивно-оздоровительной деятельности	> 15 ед.	
Памятники природы	25 ед.	
Объекты культурного наследия	667 ед.	
Благоприятность климатических условий	Длительность купального сезона	5 мес./г.
	Продолжительность солнечного сияния	2233 ч
	Средняя температура летом	22-27
	Средняя температура	13-15
	Средняя температура зимой	8-10
	Средняя влажность воздуха	73%
	Количество осадков (мм)	560

\* включая территории Никитского ботанического сада (2,8 км<sup>2</sup>) и Ялтинского зоопарка (0,03 км<sup>2</sup>)

Далее можно провести сам расчёт:

$$K_I = \frac{6,2}{283} + \frac{25}{283} = 0,1 \quad (8)$$

$$K_{II} = \frac{4}{283} + \frac{0,6}{283} + 5,15 + \frac{10}{283} = 5,2 \quad (9)$$

$$K_{бк} = \frac{5}{12} + \frac{2233}{8760} + 2,5 + 2 = 5,15 \quad (10)$$

$$K_{III} = \frac{667}{283} = 2,3 \quad (11)$$

$$K_{IV} = 5 \quad (12)$$

$$K_V = \frac{43}{72} * \frac{297}{72} = 2,5 \quad (13)$$

$$PP_T = 20,25 \quad (14)$$

Рекреационный потенциал территории Б. Ялта можно оценить в 20,25 баллов. На этой основе примем повышающий коэффициент, равный 2,0, и осуществим перерасчёт существующих границ штрафов (табл. 5).

Как уже говорилось выше, четвёртая группа имеет особую ценность для территории г. Б. Ялта, поэтому при перерасчёте границ штрафов для неё предлагается использовать удвоенный повышающий коэффициент (4,0).

Ещё одним этапом введения системы штрафования указана необходимость пересмотра ответственности за нанесение вреда природно-климатической



Таблица 5

## Перерасчёт границ штрафов по группам ущерба

№	Группа ущерба	Существующие границы штрафов	Перерасчёт границ штрафов
1	Природно-климатический	500 – 50 000 руб., в зависимости от статуса виновного лица	3 400 – 1 700 000 руб., в зависимости от статуса виновного лица и тяжести ущерба
2	Историко-культурный	1 000 – 500 000 руб., в зависимости от статуса виновного лица	1 700 – 850 000 руб., в зависимости от статуса виновного лица тяжести ущерба
3	Спортивно-рекреационный	1 000 – 500 000, в зависимости от статуса виновного лица	1 700 – 850 000 руб., в зависимости от статуса виновного лица тяжести ущерба
4	Ущерб «визитной карточке» территории	1 000 – 500 000, в зависимости от статуса виновного лица	3 400 – 1 700 000 руб., в зависимости от статуса виновного лица. тяжести ущерба

составляющей территории. Поскольку она является основой туристско-рекреационной деятельности, осуществляемой на данной территории, предлагается принять её на уровне четвёртой группы.

Данные ставки будут считаться в методике базисные – конкретизированный размер будет устанавливаться на основе индивидуальной оценки каждого ущерба.

### 9.3. Последовательность расчета ущерба на основе ценности ресурсной составляющей рекреационного объекта и установленного факта потерь

Всю последовательность можно представить в виде трех взаимосвязанных этапов и заключения:

1. Установление факта потери ценности рекреационного объекта рекреационного потенциала конкретного;
2. Оценка степени потери ценности рекреационного объекта рекреационного потенциала конкретного объекта (при необходимости с использованием повышающего коэффициента\*);
3. Установление усугубляющих (отягощающих) факторов по случаям резонансной потери рекреационного потенциала, а также признаки случаев, снижающих ответственность по выявленным потерям рекреационного потенциала природные факторы, действия третьих лиц, вандализм и т.п. к обнаружившимся потерям рекреационного потенциала;

**Заключение:** Расчёт общей суммы штрафных санкций за потери рекреационного потенциала без уточнения вклада каждого виновного и предписаний по их устранению (снижению факторного влияния)<sup>9</sup>.

Особенности самой последовательности проведения процедуры обоснования

<sup>9</sup> - на основе гибкой системы дифференцирования комплексной оценки объекта рекреационного потенциала (учет плотности распределения рекреантов).



штрафных санкций за потерю рекреационного потенциала городу-курорту можно оценить на основе следующего алгоритма, рис. 12.



**Рис. 12. Алгоритм последовательности проведения оценки степени потери рекреационного потенциала по объекту и расчету суммы**

**Первый этап** («Установление факта потери ценности рекреационного объекта рекреационного потенциала конкретного объекта») включает как минимум два специфических аспекта. Первый связан с самим обнаружением факта потери именно рекреационного ресурса в привязке к физическому объекту. Дело в том, что, например, захламливание территории популярных



туристических троп в зоне горно-лесного Заповедника Ялты может носить не только негативный эстетический вид но и является экологически небезопасным (в зависимости от вида мусора) или пожароопасным.

То есть фактически заведомо необходимо разделить ущербы, которые регулируются другими службами города (экологическими) или компетентными органами (МЧС, ГАИ и др.).

Департамент архитектуры и градостроительства Ялты отвечает за принятие мер, направленных на создание эстетической среды города, (средствами синтеза монументального, монументально-декоративного искусства и архитектуры, объектов малых архитектурных форм и городского дизайна, рекламы, визуальной информации, ландшафтной архитектуры, цветового и светового оформления города, регулирование их размещения в пределах поставленных Департаменту целей и задач);

**Второй этап** («Оценка степени потери ценности рекреационного объекта рекреационного потенциала конкретного объекта (при необходимости с использованием повышающего коэффициента)), содержание данного этапа состоит в идентификации обособленного (природно-климатический, историко-культурный, спортивно-рекреационный, ущерб «визитной карточке» территории, в соответствии с табл. 5) или комплексного ущерба.

Позиционирование класса потенциальных потерь по объекту рекреационного анализа (по типу VRIO-анализа дестинации оздоровления [19]) в зависимости от адресного объекта и присвоенный класс представлены в таблице 6.

Необходимо отметить, что степень превалирования одного типа над другим не устанавливается, комплексность отражается только как факт сочетания ущерба сразу нескольким видам рекреационного потенциала. Чем темнее «заливка» каждого блока, тем существеннее потенциальные потери от закрепленного в блоке типа рекреационных ресурсов.

Особые зоны в пределах черты города (имеющие самостоятельное значение, не смотря на зонирование города местным органом власти) это такие как:

1. «Визитка города» - наиболее крупные подъездные пути в границах города с памятными знаками (сооружениями) представляющими город (начало городской черты), применительно к городу Ялта данные территории включают зоны «тип 10» в соответствии с Генеральным планом города Ялты (Республика Крым, РФ), рис. 3.

2. «Ворота города» - вокзалы и транспортные станции, основные подъездные пути курортного города (размещены в зонах с типом 7, 9 и 10, рис. 3);

3. «Душа города» - исторический центр (старый центр – «down-town», набережная, променад-алея и их сочетания и др.), - особенность – сверхвысокая плотность территории в вечернее время и экстремальная плотность в дни проведения праздничных мероприятий (размещены в зонах с типом 7, 9 и 10, рис. 3);



Таблица 6

**Позиционирование класса потенциальных потерь по объекту  
рекреационного анализа дифференцирования ценности и (по типу VRIO-  
анализа дестинации оздоровления) наличия сочетания нескольких типов  
ресурсов**

Вид потерь в зависимости от сочетания типа ресурса в границах адресного объекта ресурсов и присвоенный класс	Тип заливки	Интенсивность с «0» до «3»	I. Ценный/редкий	II. Воспроизводимый (природой)	Тип заливки	Интенсивность с «1» до «4»
1. Унитарный (в обычной зоне рекреации (1) или в особых зонах (2))	1	3	(1;I)	(1;II)		4
	2	2	(2;I)	(2;II)		3
2. Комплексный (относится к нескольким типам рекреационных ресурсов (3) или вариант когда включен в несколько рекреационных областей, одна из которых является особой (4))*	3	1	(3;I)	(3;II)		2
	4	0	(4;I)	(4;II)		1

\*степень преваляирования одного типа ресурсов над другим не устанавливается, комплексность отражается только как факт сочетания ущерба сразу нескольким видам рекреационного потенциала

4. «Гости в дом» - зона гостеприимства – территории санаториев и курортных гостиниц (размещены в зонах с типом 9 и 10, рис. 3).

Позиционирование степени реальных потерь по объекту рекреационного анализа (по типу VRIO-анализа) представлено в табл. 7.

Пример расчета дифференцированного убытка рекреационного потенциала, учитывающего позиционирование по табл. 6 (сочетания и ценности ресурса) и характера повреждений (табл. 7).

Для этого двухкомпонентные показатели каждой из указанных таблиц переведем в суммарные рейтинги следующим образом:

По первой координате (арабские цифры):

1 = 100 баллов; 2 = 200 баллов; 3 = 300 баллов; 4 = 400 баллов;

По второй координате (римские цифры):

I = 600 баллов; II = 400 баллов.

Например, по табл. 6 для комплексного вида потерь, который включен в несколько рекреационных областей, одна из которых является особой, но ресурс признается воспроизводимым природой (4;II): 40 + 40 (II) = 800 баллов.

Минимальное количество баллов будет 500 баллов, максимальное – 1000 баллов (то есть диапазон по данному виду характеристик составит 500 баллов).



Таблица 7

**Позиционирование степени реальных повреждения по объекту  
рекреационного анализа (по типу VRIO-анализа дестинации оздоровления)**

Вид сложившегося дефекта-повреждения		Тип заливки (интенсивность с «0» до «3»)	1. Долгосрочный эффект	2. Краткосрочный эффект	Тип заливки (интенсивность с «1» до «4»)
1. Частичное повреждение (локализованные дефекты (1) или площадные потери (2))	1	3*	(1;I)	(1;II)	4
	2	2	(2;I)	(2;II)	3
2. Уничтожение (с возможностью (3) или без возможности восстановления человеком (4))	3	1	(3;I)	(3;II)	2
	4	0	(4;I)	(4;II)	1

\* типы прописаны курсивным шрифтом для отличия от типов табл. 6

Аналогично будет осуществлена корректировка и по признаку (характеристик ущерба). Общий диапазон вариантов будет равен тысячи (1000).

Тогда скорректированный в максимальном диапазоне какой-либо ущерб (по видам представлены ранее, см. табл. 5) будет дифференцирован следующим образом, табл. 8.

Таблица 8

**Расчёт значения каждого бала для дифференциации степени ущерба  
рекреационному потенциалу города в разрезе отдельных групп**

№	Группа ущерба	Новые границы штрафов (руб.)	Диапазон		«Вес» одного бала в руб.
			в руб.	в баллах	
1	Природно-климатический	3400 – 1700000	1696600	900*	1885,0
2	Историко-культурный	1700 – 850000	848300	900	944,0
3	Спортивно-рекреационный	1700 – 850000	848300	900	944,0
4	Ущерб «визитной карточке» города	3400 – 1700000	1696600	900	1885,0

\*за минусом 100 баллов, соответствующих минимальной величине в 3400, 1700 руб., в зависимости от группы видов ущерба рекреационному потенциалу.

**Третий этап** - Установление усугубляющих (отягощающих) факторов по фактам резонансной потери рекреационного потенциала либо смягчающих причин развития потерь.

При наличии последних, - возможна корректировка в виде сокращения общей суммы убытка как основы штрафа на величину от 10 до 50% (сумма штрафа уменьшается, в зависимости от отсутствия информации о росте риска потери рекреационного потенциала). То есть внутри штрафной функции



возможна реализация подфункции стимулирования скорейшего исправления установленного ущерба и препятствие его дальнейшему распространению (усугублению). Если собственник привязки объекта ущерба устраняет причины ущерба рекреационному потенциалу и сам внешний вид – сумма штрафа может быть снижена на 50% Максимум. Если собственник в течении месяца о предъявлении претензии представляет смету и план исправления материальной основы ущерба (например, внешнего вида) возможно предоставление 10% скидки на величину штрафа как компенсации подготовительных работ. Все остальные варианты сокращение общей суммы штрафа принимает местный орган самоуправления административной единицы.

*Работа подготовлена в рамках выполнения проекта 19-410-910009 р\_а  
Методологическое обоснование системы штрафов за причинение ущерба рекреационному потенциалу курортного города реализованного при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований (Номер ЦИТус АААА-А19-119070390022-2).*



## CHAPTER 10.

### APPLICATION OF MULTIFACTOR MODELS FOR FORECASTING OF PSA (PHTHALIC ANHYDRID) EMISSIONS IN AIRPLANES

DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-012

#### Introduction

In the 21st century, the number of passengers who prefer to travel by air is increasing every year. In the cockpits of modern aircraft supported by various parameters of the internal environment such as pressure, temperature and humidity [1]. The air characteristics in aircraft cabins are similar to the indoor air parameters of residential buildings and office premises. However, aircraft cabins differ from buildings in many respects, in particular, space per passenger, the need to seal the cabin, a forced lack of activity during the flight, etc. [1].

Modern aircraft are equipped with an Environmental Control System (ECS), which provides safe, comfortable, and healthy flights for both passengers and the crew. Factors affecting the quality of internal air in aircraft can be divided into the following categories: pressure; temperature; humidity; oxygen content; concentration of pollutants in the air of the cockpit [2, 3].

A sudden change in the level of one or more of these factors or the interaction between them can cause a deterioration in the quality of internal air and, therefore, can have a negative effect on the health of passengers and crew [3-5]. Therefore, research in the field of ensuring air quality in aircraft cockpits is an urgent problem. This paper considers the development of multifactor mathematical models that take into account the influence of aircraft parameters on air quality in the cockpit.

#### 10.1. Common problems of modeling

Modeling corresponds to replacement of one object (original) with other object (model) and fixation and analysis of model characteristics. The replacement is executed for simplification, reduction in a cost, for acceleration of original characteristics analysis [6].

In the general case as the object–original may be considered natural or artificial, real or imaginary system. It has parameters set  $S_0$ , and it is defined with certain characteristics. Characteristics set  $Y_0$  is quantitative measure for system features, the system displays its characteristics under influence of external actions  $X$ .

The set of parameters and their values  $S$  reflects its internal content, namely the structure and operation principles.  $S$  characteristics are generally its external attributes, which are important during its interaction with other  $S$ .  $S$  characteristics are in functional subjection to its parameters. Each characteristic of system  $y_0 \subset Y_0$  is defined generally by limited number of parameters  $\{S_{0k}\} \subset S_0$ . Remaining parameters are noncritical for the value of this  $S$  characteristic. As a rule, only some characteristics  $\{y\} \subset Y_0$  of  $S$  are interesting for a researcher at specific exposure on the system  $\{x_{mn}\} \subset X$ .

The model is also the system with its own parameters set  $S_m$  and characteristics set  $Y_m$ . Some parameters of the original and the model are similar and some





parameters are different. Replacement of one object with other object is legitimate in the case if interested for the researcher characteristics of the original and the model are defined with one-type subsets of parameters and are connected with these parameters by means of identical dependences [6, 7]:

$$y_{ok}=f(\{S_{oi}\}, \{x_{on}\}, T); \quad (1)$$

$$y_{mn}=f(\{S_{mi}\}, \{x_{mn}\}, T_m) \quad (2)$$

where,  $y_{mn}$  –  $\kappa$ -th model characteristic,  $y_{mn} \subset Y_m$ ;  $x_{mn}$  – external action on the model,  $x_{mn} \subset X$ ;  $T_m$  – simulated time.

Substantially cognition of every system (S) comes to its model creation. A model–design of each device is developed before its manufacturing. Mathematics achievements resulted in spreading of mathematical models for different objects and processes. It was noticed that functioning dynamics of different in physical nature systems is described with one-type dependences. This fact permits to model them by means of computers [8].

Methodology development of simulation modeling by means of computers raised modeling to the new level. Now it is difficult to specify an area of human activity without modeling application. Models for cars manufacturing, wheat growth, functioning of human separate organs, atomic explosion, etc were developed.

Automatic control systems for technologic complexes, economic–organizing complexes, designing processes, data banks are used widely in practice. But every from these systems wants for information about controlled object and controlled object model, modeling of controlling decisions.

Usually development process of complicated system is executed iteratively with utilization of design decisions modeling. In the case if the characteristics dissatisfy demands, then the design is corrected by results analysis and modeling is repeated.

During operating systems analysis by means of modeling it is determined system serviceability borders. It is executed simulation of experimental conditions that can appear in the process of system functioning. Artificial generation such conditions at natural system is difficult and can bring into a state of catastrophe [6-8].

**Physical models.** Model abstracting degree from the original is assumed as classification principle. Preliminary all models may be separated in 2 groups, namely physical and abstract (mathematical) models.

Physical model is usually the system that equivalent or similar to the original. This model may have other physical nature.

**Natural models** are real researched systems (prototype, pilot model). They have perfect adequacy with the system–original, however they are very expensive.

**Quasinatural models** are a collection of natural and mathematical models. This form is used in the case, if the model of system part cannot be mathematical owing to its description complexity (the model of person–operator) or if system part must be researched in interaction with other parts, however these parts are not existing or their inclusion is very expensive (computing polygons, automatic control system).

**Scale model** is the system with the same physical nature that the original. This model scale differs from original scale. Similarity theory is methodological foundation of scale modeling. During BC designing scale models may be used for analysis of layout decisions.



**Analogous models** are the systems with physical nature that differs from the original and with functioning processes that are similar to the original. Mathematical description of researched system is necessary for creation analogous model. Mechanical, hydraulic, pneumatic and electric systems are used as analogous models. Analogous modeling uses computer aids at the level of logic elements and electric circuits, and also at system level in the case if system functioning is described, for example, by means of differential or algebraic equations.

**Mathematical models** are formalized presentation of the system by means of abstract language, mathematical relationships that reflect the process of system functioning. Whatever mathematical means, namely algebraic, differential, integral calculus, set theory, algorithm theory etc. may be used for mathematical models creation. Substantially all mathematics was created for composition and researching of models for objects and processes.

### 10.2. Types of multiple classification

1. Deterministic analysis is the procedure of factors influence research. Association of these factors with effective indicators is functional, i.e. effective indicator is expressed as product, quotient, and algebraic sum of factors.

2. Stochastic analysis is the procedure for factors research in the case if association of these factors with effective indicators is probabilistic (correlation).

3. Procedure of direct factor analysis. In this case the research is executed from general case to particular case (deductive approach).

4. Procedure of inverse factor analysis. In this case the research is executed from particular case to general case (inductive approach).

5. Procedure of single-stage factor analysis. In this case the factors of one level (degree) are researched without subordination.

6. Procedure of multi-stage factor analysis. In this case the research is executed with factor detailing. Thus it is researched influence of the factors with various levels of hierarchy.

7. Procedure of statistical factor analysis is used during the analysis for relevant date.

8. Procedure of dynamic factor analysis is the procedure of research for cause-effect relations in dynamics.

9. Procedure of retrospective factor analysis is used for research of increase reasons for effective indicators of past periods.

10. Procedure of perspective factor analysis is used for research of factors and effective indicators behavior in perspective.

### 10.3. Multifactor mathematical models

During modeling of complicated technical devices or technological processes in dynamics it is necessary to work with multifactor dependences. In this case the value of one indicator or indicators group is defined by behavior of many factors simultaneously, rather than one factor. Really, if we take any indicator in complicated technical device and look after factors, influencing onto this indicator, we will see that all indicators are formed under influence of many various reasons and conditions.



It is most difficult to find single-factor dependence rather than multifactor dependence for the task of forecasting for complicated technical devices. It is obvious that in sense relationship single-factor model reflects the processes in complicated technical devices more exactly than trend model. However during creation of single-factor model it is necessary to simplify simulated reality presentation. In this case only one factor is selected instead of modeling of many factors action on predictable indicator. This factor is assumed by the forecaster as most basic. In this situation every single-factor model is so conventional and rough, that its application in forecasting may give only very approximate reference points. If an expert wants to execute exact forecast by means of mathematical model, then he must select such model that reflects the essence of current events and describes they to the best advantage. As far as virtually all indicators are formed under many factors influence, then the model for forecasting must be multifactor model.

Therefore multifactor model can give greater accuracy than single-factor model, as far as it models reality more detailed. The task of creation of mathematical models for some objects and phenomena on the base of experiments or observations for forecasts creation may be solved successfully by means of *correlation–regression analysis* (KRA). Regression models are mathematical relationships of defined type between indicators of object operation or characteristics of observed phenomenon  $Y_1, Y_2, \dots, Y_m$  and conditioning values  $X_1, X_2, \dots, X_n$ . Models may be classified as single-factor and multifactor models depending on quantity of  $X_i$  (*independent factors*), whose influence must be determined, on conclusive (*dependent factor*)  $Y$  of the model.

#### 10.4. Stages of construction for multifactor regression model

The process of correlation–regression analysis (KRA) consists from followings stages:

- *Preliminary treatment of statistical data and choice of factor indicators.*

The factors, included in developed regression model, must meet following requirements:

- each factor must be grounded theoretically;
- the factors must be most significant, they must render essential influence on researched dependent factor. It is recommended that the quantity of model factors was no more than a tierce from value of observations in the sample;
- the factors must be not linear dependent among themselves. Presence of such dependence signifies that these factors characterize analogous features of researched factor (phenomenon of multicollinearity);
- it is recommended to include into the model only such factors that can be numerically measured;
- cumulative factor and particular factors, formed it, must be not included into one model. Simultaneous including of such factors results in their increased influence on dependent factor, in distortion of actual reality.

Preliminary treatment of statistical data is ended with compiling of *the matrix for correlation coupled coefficients*. The matrix for correlation coupled coefficients is



quadratic and symmetric in regard to leading diagonal. Correlation coupled coefficients are used for quantitative evaluation of interconnection for two data sets, given in dimensionless form.

Sample correlation coefficient is the covariance of two data sets, divided on the product of their standard deviations.

Correlation analysis gives possibility to determine whether data sets are associated by magnitudes; i.e. large magnitudes from one data set are connected with large magnitudes from other data set (*positive correlation*) or small magnitudes are connected with large magnitudes from other data set (*negative correlation*), or data of both ranges are not connected (*approximate to zero correlation*);

- *evaluation of connection tightness between factors and detection of connection forms.*

Evaluation of connection tightness between factors is executed by means of Cheddock scale [6, 8] on the base correlation coefficients (from correlation matrix):

**Table 1**

**Relationships between factors on the Cheddock scale based on correlation coefficients**

Indications of connection tightness (correlation coefficient)	0.1–0.3	0.3–0.5	0.5–0.7	0.7–0.9	0.9–0.99
Characteristic of connection strength	weak	moderate	appreciable	high	very high

Evaluation of correlation connections permits to define influence degree of each independent factor on dependent factor. Such independent factors, which have very weak connection tightness with researched dependent factor (correlation coefficient is lower than 0.1), may be deleted as inessential.

Choice of connection form is complicated problem, as it is necessary to find such function in infinite set of functions, which expresses really existing connections between researched dependent factor and independent factors better than other functions.

The correlation coefficients of 82 parameters with respect to the concentration of PSA (Phthalic anhydrid) (ppb) were calculated. After analyzing the experimental data on the basis of the Cheddock scale (Table 1), 15 factors were selected for the further development of mathematical models.

1. Takeoff, climb, cruising.
2. Cruising , descent, landing.



Table 2

## 15 factors for the further development of mathematical models

Takeoff, climb, cruising			cruising, descent, landing		
parameter	Column Excel	correlation	parameter	Column Excel	correlation
2161F5101– AIR1_ZCAB	E	0,853488	2120F2401– AIR_PCK2_FLAP_OUTPOS	AG	0,894244
2120P4701– AIR1_PCK1_INCP_TEMP	AJ	0,849876	2120H2401– AIR_PCK1_FLAP_OUTPOS	AF	0,884633
2120P6201	N	0,822761	2120K1101	I	0,74571
31D120001– ALT_PFD1	D	0,803895	31D120001– ALT_PFD1	D	0,687719
2120K1101	I	–0,8004	7232O160A–OIT2_CHA	CE	0,664577
2120H2301– AIR1_PCK1_OUTCP_TEMP	AN	0,795786	7231N160A– OIT1_CHA	CD	0,660497
2120N6201–	O	0,783943	2120P6201	N	0,659451
2120C2401– AIR1_PACK2TEMP_DMD	Y	0,743352	2120N6201	O	0,628326
2120C2501– AIR1_PACK1TEMP_DMD	X	0,720851	31W1N4001– ENG1_EPRA_FWC1	BV	0,625405
2120P6301– AIR1_FD_UPTRMVLVTEMP	BE	0,72021	31W1O4001– ENG2_EPRA_FWC1	BW	0,608462
2120H2101– AIR1_PCK1_OUT_TEMP	AR	0,711061	3612G4101– BLD1_PCL_OUTTEMP2	L	0,51148
2120D7101– AIR1_CKPT_DUCT_TEMP	BD	0,691584	3612G4001– BLD2_PCL_OUTTEMP2	M	0,489962
2120P6101	AH	–0,6903	7231N440A–N2A1_CHA	BX	0,473356
2120F2301– AIR1_PCK2_OUTCP_TEMP	AO	0,683686	7231J650A–ENG1A_T3	CB	0,466671
2120N6101	AI	–0,67797	7232O440A–N2A2_CHA	BY	0,463755

**Multifactor linear connection***1. Direct*

a) at increase of factor and effective attributes

$$Y_{xz} = Y_{min} \left[ 1 + B \left( d_{\frac{X_i}{X_{min}-1}} + d_{\frac{Z_i}{Z_{min}-1}} \right) \right].$$

б) at decrease of factor and effective attributes

$$Y_{xz} = Y_{max} \left[ 1 - B \left( d_{1-\frac{X_i}{X_{max}}} + d_{1-\frac{Z_i}{Z_{max}}} \right) \right].$$

*2. Inverse*

a) at increase of factor attributes and decrease of effective attribute

$$Y_{xz} = Y_{max} \left[ 1 - B \left( d_{\frac{X_i}{X_{min}-1}} + d_{\frac{Z_i}{Z_{min}-1}} \right) \right]$$

б) at decrease of factor attributes and increase of effective attribute

$$Y_{xz} = Y_{min} \left[ 1 + B \left( d_{1-\frac{X_i}{X_{max}}} + d_{1-\frac{Z_i}{Z_{max}}} \right) \right]$$

*3. Combinational*a) at direct dependence  $Y$  from  $X$  and inverse dependence  $Y$  from  $Z$ :

$$Y_{xz} = Y_{min} \left[ 1 + B \left( d_{\frac{X_i}{X_{min}-1}} + d_{1-\frac{Z_i}{Z_{max}}} \right) \right]$$



б) at inverse dependence  $Y$  from  $X$  and direct dependence  $Y$  from  $Z$ :

$$Y_{xz} = Y_{\min} \left[ 1 + B \left( d_{\frac{X_i}{X_{\max}}} + d_{\frac{Z_i}{Z_{\min}}} - 1 \right) \right]$$

Calculation of comparison coefficients for effective attribute is executed with taking into account of the change of its values:

a) at increase  $\frac{y_i}{y_{\min}} - 1$ ;

б) at decrease  $1 - \frac{y_i}{y_{\max}}$ .

Following formulas are used for computation of dependence parameters, estimation of the tightness and stability:

### Dependence parameters

a) for single-factor dependence

$$b = \frac{\sum \left( \frac{y_i}{y_{\min}} - 1 \right)}{\sum \left( \frac{x_i}{x_{\min}} - 1 \right)} = \frac{\sum d_y}{\sum d_x};$$

б) for multifactor dependence

$$B = \frac{\sum \left( \frac{y_i}{y_{\min}} - 1 \right)}{\sum \left( \frac{x_i}{x_{\min}} - 1 \right) + \sum \left( \frac{z_i}{z_{\min}} - 1 \right)} = \frac{\sum d_y}{\sum d_x + \sum d_z}.$$

Single-factor correlation coefficient

$$r_{yx} = \frac{\sum d_x d_y}{\sqrt{\sum d_x^2 \sum d_y^2}}.$$

Correlation index (single-factor and multifactor)

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum \left[ \left( \frac{y_i}{y_{\min}} - 1 \right) - \left( \frac{y_{x_i}}{y_{x_{\min}}} - 1 \right) \right]^2}{\sum \left( \frac{y_i}{y_{\min}} - 1 \right)^2}} = \sqrt{1 - \frac{\sum (d_y - d_{yx})^2}{\sum d_{y_i}^2}}.$$

Coefficient of connection stability

$$K = 1 - \frac{\sum |d_y - b d_x|}{\sum d_y},$$

## 10.5. Linear multifactor model

Each function of many variables may be reduced to linear form by means of taking the logarithm or variables change. Taking into account this fact *the equation of multiple regression* is constructed in *linear form*:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n, \quad (3)$$

where  $y$  – theoretical values of effective attribute, received by means of substitution of appropriate factor attributes into regression equation;  $x_1, x_2, \dots, x_n$  –



values of factor attributes;  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$  – equation parameters (regression coefficients).

Each equation coefficient:  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$  (regression coefficient) indicates influence stage of appropriate independent factor on analyzed factor at fixed state (at middle level) of other factors. Dependent factor varies on appropriate regression coefficient together with change of each factor on the unit;

- *Development of multifactor model for researched phenomenon and its analysis.*

Creation of regression model is executed by means of electronic technology of *Data analysis* batch in Excel.

It is necessary to analyze following data for determination of statistical significance for received regression equation:

- the value of *multiple correlation coefficient*  $R$  that indicates on the connection tightness between dependent variable and aggregate of all independent factors;
- the magnitude of coefficient  $R^2$  ( $R^2$  must be  $\geq 80\%$ );
- F–statistics:  $F_p$  (F calculated) must be less  $F_k$  (F critical tabular value) –  $F_p < F_k$ ;
- *Remainders*  $e_t = y - \hat{y}$  are the difference between observed values and regression line (predicted values). The remainders must be independent.
- Presence or lack of autocorrelation phenomenon defined by means of Darbin–Watson criterion.

Regression equation parameters may be determined by means of the least–squares procedure. In this case such model parameters are determined, at which it is minimized the sum of deviates squares of empirical (actual) values for effective attribute from theoretical values, received in accordance with selected in accordance with regression equation, i.e.

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_{1i} - a_2 x_{2i} - \dots - a_m x_{mi})^2 \rightarrow \min \quad (4)$$

On the base of extremum condition for the function of many variables  $S(a_0, a_1, \dots, a_n)$ , which represents (1.4), it is necessary to equate to zero part derivatives for these variables or in matrix form it is necessary for past derivatives vector

$$\frac{\partial S}{\partial a} = \left( \frac{\partial S}{\partial a_0}, \frac{\partial S}{\partial a_1}, \dots, \frac{\partial S}{\partial a_m} \right).$$

If we consider  $S$  as parameters function  $a_i$  and execute mathematical transformations (differentiation), then we receive the system of normal equations with  $m$  unknowns (in accordance with parameters quantity  $a_i$ ).

$$\begin{cases} \sum y = na_0 + a_1 \sum x_1 + a_2 \sum x_2 + \dots + a_m \sum x_m, \\ \sum yx_1 = a_0 \sum x_1 + a_1 \sum x_1^2 + a_2 \sum x_2 x_1 + \dots + a_m \sum x_m x_1, \\ \dots \\ \sum yx_m = a_0 \sum x_m + a_1 \sum x_1 x_m + a_2 \sum x_2 x_m + \dots + a_m \sum x_m^2. \end{cases} \quad (5)$$

where  $n$  – observations quantity,  $m$  – factors quantity in regression equation. System



solution permits to receive the values of regression parameters  $a_i$ .

The solution for system equations (5) may be discovered by means of Gauss method, Kramer method, inverse matrix calculation method or other methods for solution of linear equations systems.

On the ground of stated above it was developed linear correlation–regression model for forecasting of System solution emissions:

1. Takeoff, climb, cruising.

$$YL1 = -33.50228905 + a_1 \cdot E + a_2 \cdot AJ + a_3 \cdot N + a_4 \cdot D + a_5 \cdot I + a_6 \cdot AN + a_7 \cdot O + a_8 \cdot Y + a_9 \cdot X + a_{10} \cdot BE + a_{11} \cdot AR + a_{12} \cdot BD + a_{13} \cdot AH + a_{14} \cdot AO + a_{15} \cdot AI, \quad (6)$$

where  $a_1 \dots a_{15}$  – regression coefficients;  $a_1 = 0.000208738$ ;  $a_2 = -0.095245203$ ;  $a_3 = 0.364856759$ ;  $a_4 = 0.000792502$ ;  $a_5 = 0.287628844$ ;  $a_6 = 0.199535917$ ;  $a_7 = -0.148935295$ ;  $a_8 = 0.027481093$ ;  $a_9 = -0.236603449$ ;  $a_{10} = 0.454039607$ ;  $a_{11} = -0.222784416$ ;  $a_{12} = -0.485501771$ ;  $a_{13} = 1.045999553$ ;  $a_{14} = -0.074313633$ ;  $a_{15} = -1.332143551$ . The error is equal to 5 %,  $R^2 = 0,94$ .

2. Cruising, descent, landing.

$$YPL1 = 24.23834606 + a_1 \cdot AG + a_2 \cdot AF + a_3 \cdot I + a_4 \cdot D + a_5 \cdot CE + a_6 \cdot CD + a_7 \cdot N + a_8 \cdot O + a_9 \cdot BV + a_{10} \cdot BW + a_{11} \cdot L + a_{12} \cdot M + a_{13} \cdot BX + a_{14} \cdot CB + a_{15} \cdot BY, \quad (7)$$

where  $a_1 \dots a_{15}$  – regression coefficients;

$a_1 = 0.986569671$ ;  $a_2 = -0.376956249$ ;  $a_3 = -0.177502136$ ;  $a_4 = -7.13304E-05$ ;  $a_5 = -1.222818509$ ;  $a_6 = 0.991524157$ ;  $a_7 = 0.113506088$ ;  $a_8 = -0.075409215$ ;  $a_9 = -12.78214729$ ;  $a_{10} = 13.93375454$ ;  $a_{11} = -0.028261583$ ;  $a_{12} = 0.015099345$ ;  $a_{13} = 0.356149675$ ;  $a_{14} = 0.007847947$ ;  $a_{15} = -0.441642012$ ;

The error is equal to 6 %,  $R^2 = 0,89$ .

## 10.6. Nonlinear multifactor model

Multiplicative (nonlinear) models of forecasting are used widely in practice of estimation. All variables in multiplicative model are multiplied not by their coefficients. Instead of this they are raised to power or they serve as exponents. Then results are multiplied. It is necessary initially to transform the model into additive form for estimation of parameters.

If we have attributes nonlinear dependence, which is reduced to linear form, then coefficients values of multiple regression determined by means of least–square procedure. The distinction is that this method is applied to transformed data rather than initial information.

Let us consider power function

$$y = a_0 \cdot a_1^{x_1} \cdot a_2^{x_2} \cdot a_3^{x_3} \cdot \dots \cdot a_n^{x_n}, \quad (8)$$

where  $a_1, \dots, a_n$  are regression coefficients;

We transform the function (1.8) into linear form:

$$\ln(y) = \ln(a_0) + x_1 \ln(a_1) + x_2 \ln(a_2) + \dots + x_n \ln(a_n), \quad (9)$$

where the variables are expressed in logarithms.





Further least-squares method is applied as earlier: normal equations system is created and values  $\ln(a_0), a_1, \dots, a_n$  are determined. We find antilogarithm of  $\ln(a)$  and determine the value for parameter  $a$  and view for power function equation.

So long as the parameters of power function are elasticity coefficients, they are comparable in accordance with different factors. On the ground of above stated method it was developed nonlinear correlation-regression model for PSA (Phthalic anhydrid) emissions:

1. Takeoff, climb, cruising.

$$YN1 = a_0 \cdot a_1^E \cdot a_2^{AJ} \cdot a_3^N \cdot a_4^D \cdot a_5^I \cdot a_6^{AN} \cdot a_7^O \cdot a_8^Y \cdot a_9^X \cdot a_{10}^{BE} \cdot a_{11}^{AR} \times \\ \times a_{12}^{BD} \cdot a_{13}^{AH} \cdot a_{14}^{AO} \cdot a_{15}^{AI}, \quad (10)$$

where  $a_0 \dots a_{15}$  are regression coefficients;

$$a_0 = 0.006842089; a_1 = 1.000024862; a_2 = 0.991198893; a_3 = 1.0222879; a_4 = 1.00001889; \\ a_5 = 1.004654298; a_6 = 1.021243538; a_7 = 0.999380163; a_8 = 0.999033173; \\ a_9 = 1.004514485; a_{10} = 1.076381442; a_{11} = 0.987488691; a_{12} = 0.974034468; \\ a_{13} = 0.997858045; a_{14} = 0.998046044; a_{15} = 0.98574593.$$

The error is equal to 2 %,  $R^2 = 0,98$ .

2. Cruising, descent, landing.

$$YPN1 = a_0 \cdot a_1^{AG} \cdot a_2^{AF} \cdot a_3^I \cdot a_4^D \cdot a_5^{CE} \cdot a_6^{CD} \cdot a_7^N \cdot a_8^O \cdot a_9^{BV} \cdot a_{10}^{BW} \cdot a_{11}^L \cdot a_{12}^M \cdot a_{13}^{BX} \times \\ \times a_{14}^{CB} \cdot a_{15}^{BY}, \quad (11)$$

where  $a_0 \dots a_{15}$  are regression coefficients;

$$a_0 = 178.5970; a_1 = 1.161811; a_2 = 0.884452; a_3 = 0.946524; a_4 = 0.999966509; \\ a_5 = 0.803535464; a_6 = 1.207008624; a_7 = 1.037623115; \\ a_8 = 0.970508824; a_9 = 0.057582885; a_{10} = 15.16904501; a_{11} = 0.992998308; \\ a_{12} = 1.005735521; a_{13} = 1.076433038; a_{14} = 1.001860549; a_{15} = 0.911682722; \text{The error is} \\ \text{equal to 3 \%, } R^2 = 0,92.$$

## 10.7. Method of deterministic stochastic factorial analysis

Deterministic stochastic analysis corresponds to research procedure for study of the factors influence. These factors connection with effective indicator has functional character, i.e. effective indicator of factor model is expressed in the form of factors product, quotient or algebraic sum. There are following methods of factor analysis: chain substitution method, absolute differences method, relative differences method, integral method, method of taking the logarithm.

This form of factor analysis is the most popular. It is sufficiently simple in application (as compared with stochastic analysis), it permits to understand the logic of operation for main factors, to estimate quantitatively their influence, to define the factors, which may be changed, to estimate the proportion and appropriateness of this change for improvement of complicated technical system.

Stochastic analysis corresponds to research procedure for study such factors, which have connection with effective attribute, however this connection, in contrast



to functional connection, is incomplete (correlation). If we have functional (complete) dependence, then appropriate function change occurs always at argument change. If we have correlation connection, then argument change may give several values for function increment subject to combination of other factors defining this attribute. There are following methods of stochastic factor analysis: approach of pair correlation; multiple correlation analysis; matrix models; mathematical programming; method of operations research.

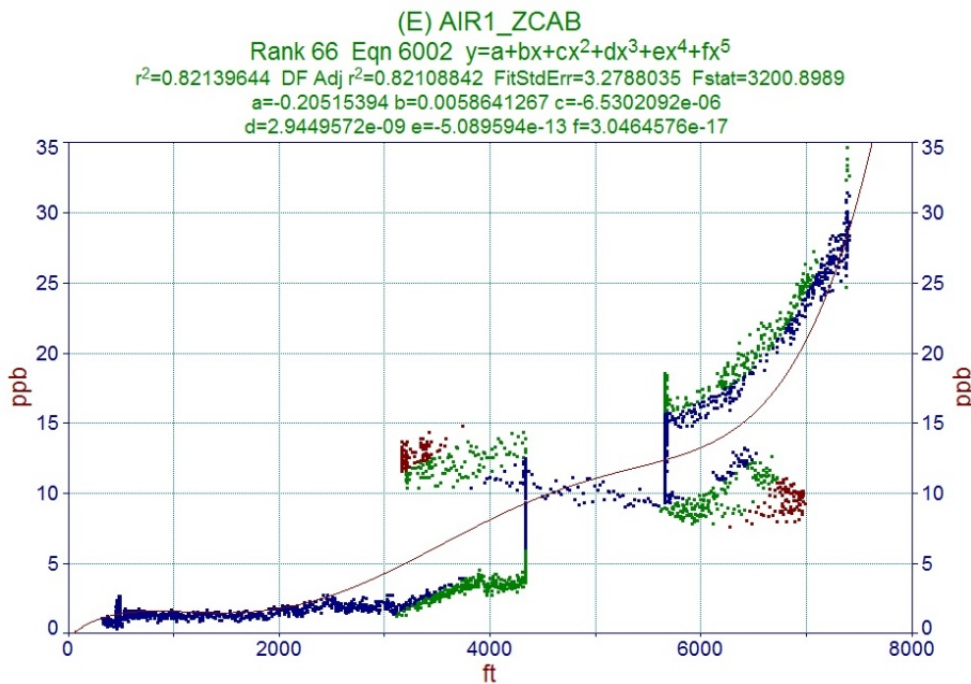
On the ground of executed correlation analysis for 82 factors it was selected 5 factors, which differ in flight configuration. These 82 factors influence on detection and changing of PSA (Phthalic anhydrid) concentration in the air of airplane cabin. (Takeoff, climb, cruising); (Cruising, descent, landing) [9]. Method implementation is started from selection and calculation of approximating–interpolating functions that describe the connection for each factor. Calculated functions are presented below:

**I. Takeoff, climb, cruising**

1. Parameter 2161F5101–AIR1\_ZCAB

$$y_1 = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 + fx^5, \tag{12}$$

where  $a=-0.20515394$ ;  $b=0.005864127$ ;  $c=-6.5302e-06$ ;  $d=2.94496e-09$ ;  $e=-5.0896e-13$ ;  $f=3.04646e-17$ .



**Fig.1.**

2. Parameter 2120P4701–AIR1\_PCK1\_INCP\_TEMP

$$y_2 = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 + fx^5 + gx^6 + hx^7, \tag{13}$$

where  $a=-692.387293$ ;  $b=63.75570925$ ;  $c=-2.47853327$ ;  $d=0.052804729$ ;  $e=-0.00066516$ ;  $f=4.94676e-06$ ;  $g=-2.008e-08$ ;  $h=3.43145e-11$ .

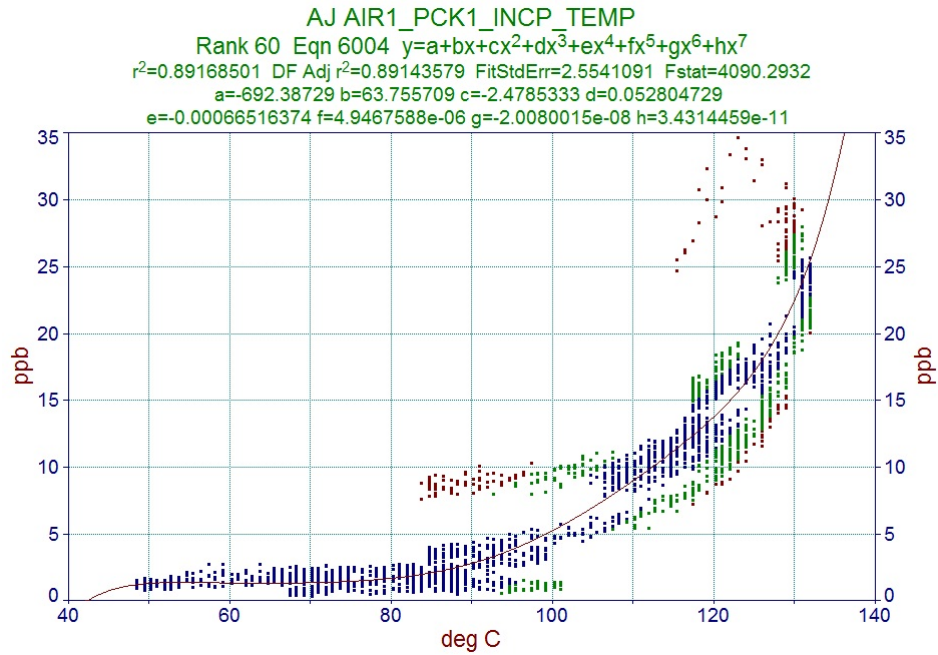


Fig.2.

3. Parameter 2120P6201

$$y_3 = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 + fx^5 + gx^6, \tag{14}$$

where  $a=-229842.993$ ;  $b=8397.912450$ ;  $c=-127.322046$ ;  $d=1.025139880$ ;  
 $e=-0.00462236$ ;  $f=1.10646e-05$ ;  $g=-1.0982e-08$ .

N -

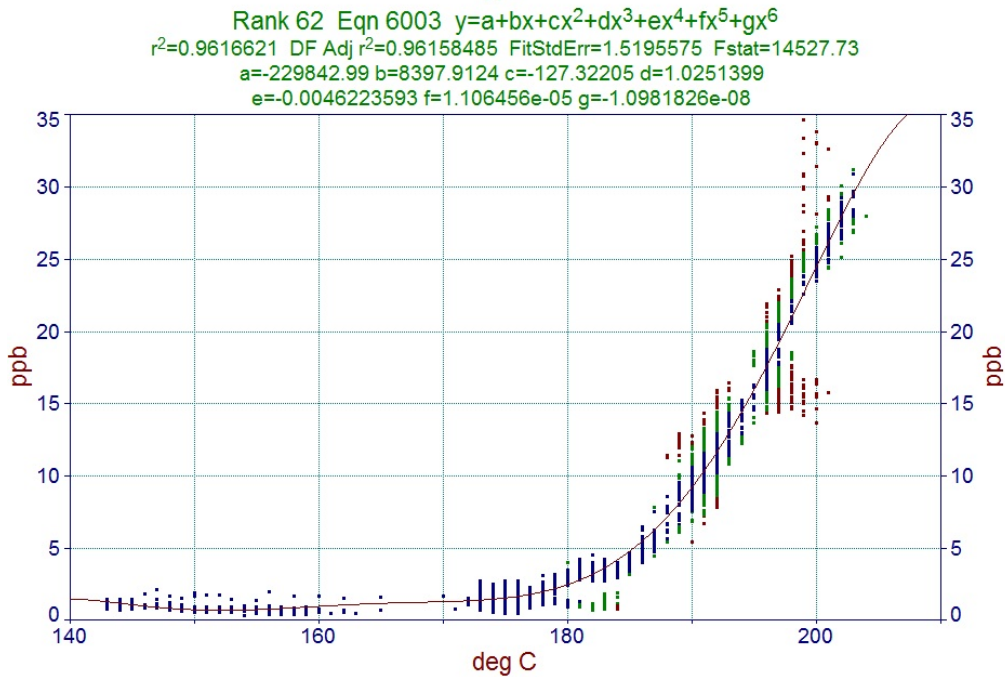


Fig.3.

4. Parameter 31D120001-ALT\_PFD1

$$y_4 = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 + fx^5 + gx^6 + hx^7, \tag{15}$$

where  $a=1.148207505$ ;  $b=0.000771207$ ;  $c=-3.5994e-07$ ;  $d=5.93112e-11$ ;  
 $e=-4.517e-15$ ;  $f=1.72589e-19$ ;  $g=-3.198e-24$ ;  $h=2.29665e-29$ .

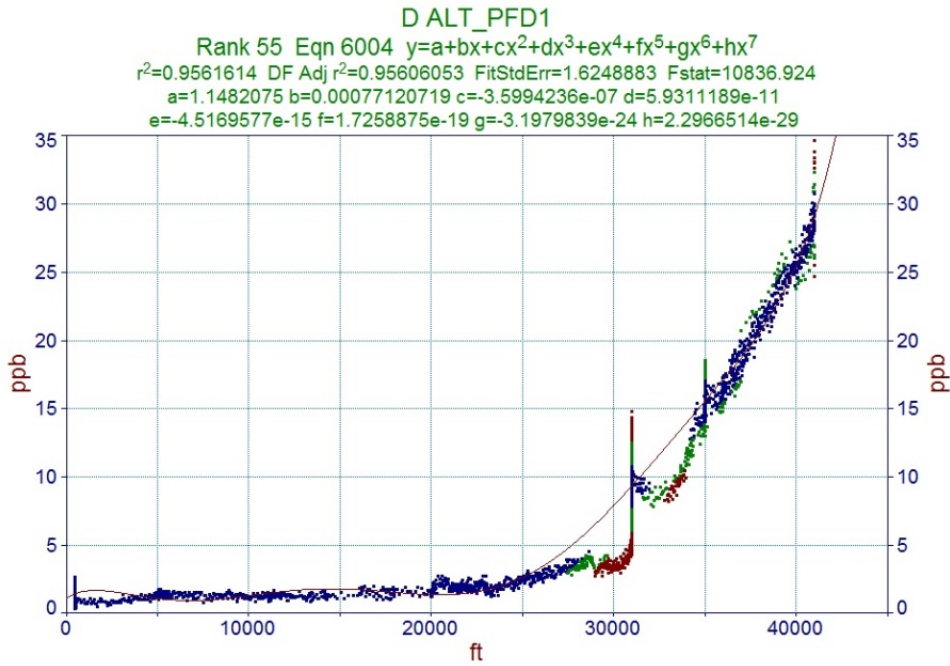


Fig.4.

5. Parameter 2120K1101

$$y_5 = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 + fx^5 + gx^6 + hx^7, \tag{16}$$

where  $a=0.317724914$ ;  $b=0.137436621$ ;  $c=0.026640819$ ;  $d=-0.00270663$ ;  
 $e=-4.2532e-05$ ;  $f=5.8269e-06$ ;  $g=2.8342e-08$ ;  $h=-3.8971e-09$ ;

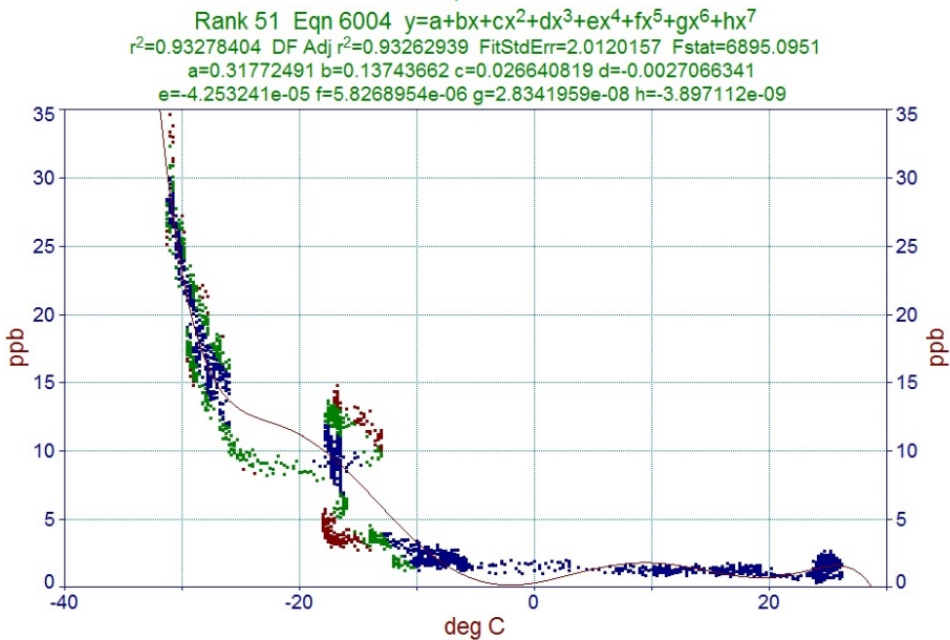


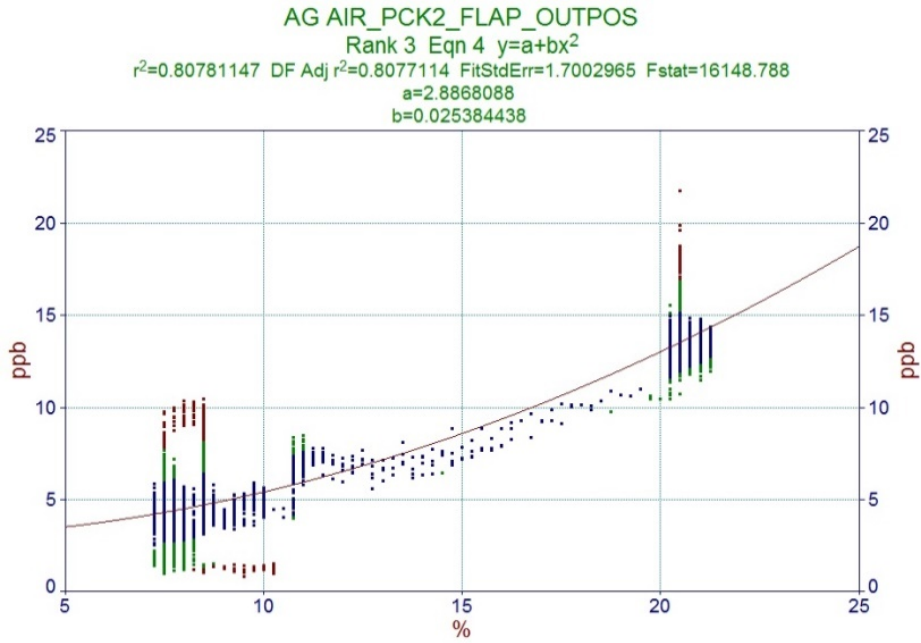
Fig.5.

**II. Cruising, descent, landing**

1. Parameter 2120F2401– AIR\_PCK2\_FLAP\_OUTPOS

$$y_1 = a + bx^2, \tag{17}$$

where  $a=2.886808804$ ;  $b=0.025384438$ ;

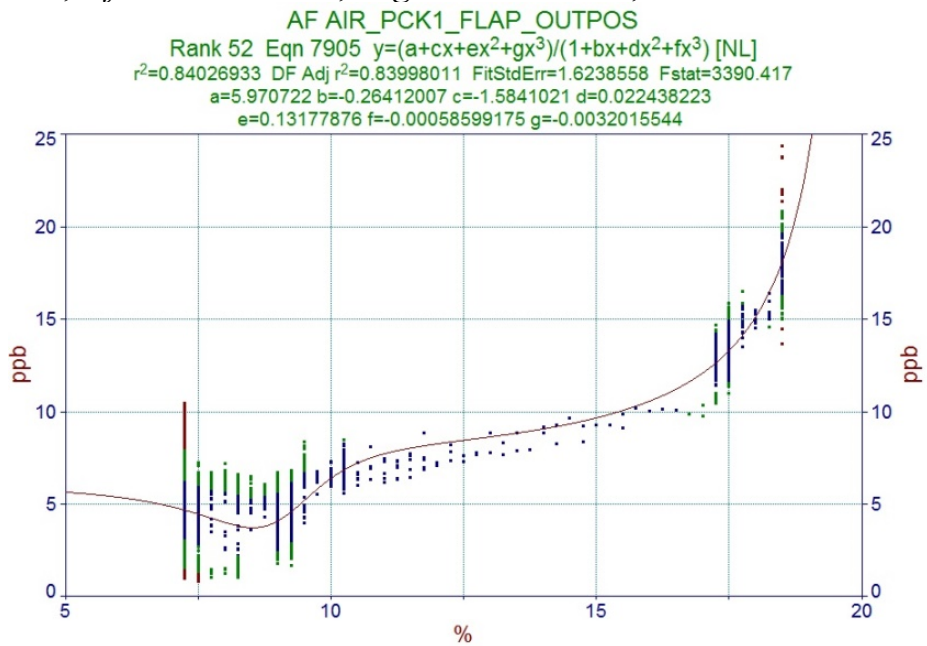


**Fig.6.**

2. Parameter 2120H2401– AIR\_PCK1\_FLAP\_OUTPOS

$$y_2 = \frac{(a + cx + ex^2 + gx^3)}{(1 + bx + dx^2 + fx^3)}, \tag{18}$$

where  $a=5.970722012$ ;  $b=-0.26412007$ ;  $c=-1.58410213$ ;  $d=0.022438223$ ;  
 $e=0.131778761$ ;  $f=-0.00058599$ ;  $g=-0.00320155$ ;



**Fig.7.**

3. Parameter 2120K1101

$$y_3 = (a + bx + cx^2 + dx^3)^2, \tag{19}$$

where  $a=2.324320019$ ;  $b=0.013792734$ ;  $c=-0.00075387$ ;  $d=-8.8517e-05$ ;

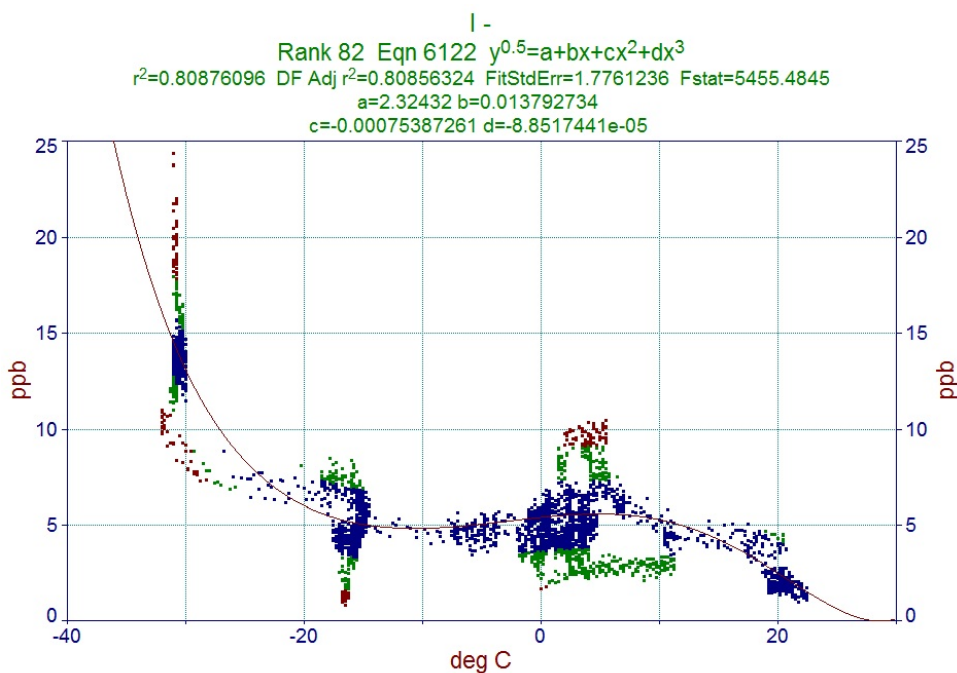


Fig.8.

4. Parameter 31D120001– ALT\_PFD1

$$y_4 = a + bx + \frac{c}{x} + dx^2 + \frac{e}{x^2} + fx^3 + \frac{g}{x^3} + hx^4, \tag{20}$$

where  $a=358.3005514$ ;  $b=-0.02756409$ ;  $c=-2.3421e+06$ ;  $d=1.13003e-06$ ;  $e=7.39319e+09$ ;  $f=-2.3284e-11$ ;  $g=-8.8982e+12$ ;  $h=1.92756e-16$ .

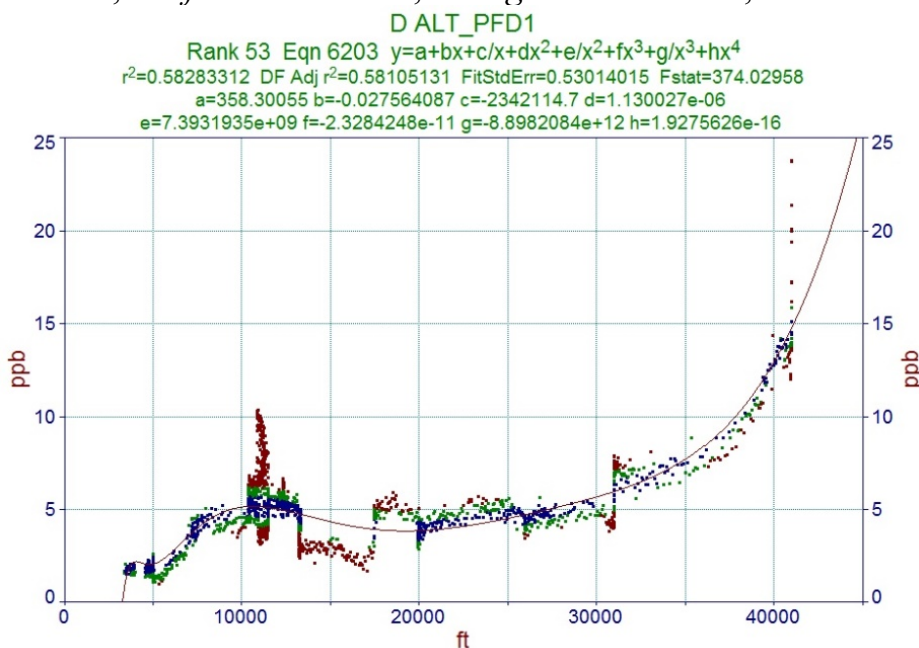
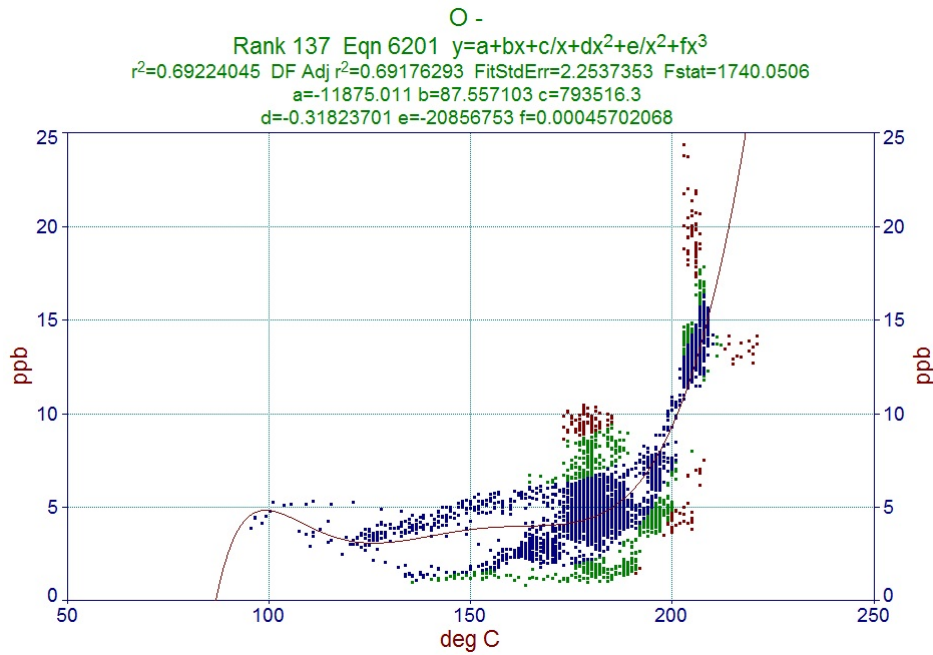


Fig.9.

5. Parameter 2120N6201

$$y_8 = a + bx + \frac{c}{x} + dx^2 + \frac{e}{x^2} + fx^3, \tag{21}$$

where  $a=-11875.0106$ ;  $b=87.55710321$ ;  $c=793516.2960$ ;  $d=-0.31823701$ ;  $e=-2.0857e+07$ ;  $f=0.000457021$ .



**Fig.10.**

It is necessary for further computation to determine average value for received coefficients  $y_1, \dots, y_{15}$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, \tag{22}$$

General view of mathematical model is described by means of following expression:

$$YY_{(I,II)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{y_i}{\bar{y}}},$$

$$YY_{(I,II)} = \sqrt{\frac{y_1}{\bar{y}} + \frac{y_2}{\bar{y}} + \frac{y_3}{\bar{y}} + \frac{y_4}{\bar{y}} + \frac{y_5}{\bar{y}} + \frac{y_6}{\bar{y}} + \frac{y_7}{\bar{y}} + \frac{y_8}{\bar{y}} + \frac{y_9}{\bar{y}} + \frac{y_{10}}{\bar{y}} + \frac{y_{11}}{\bar{y}} + \frac{y_{12}}{\bar{y}} + \frac{y_{13}}{\bar{y}} + \frac{y_{14}}{\bar{y}} + \frac{y_{15}}{\bar{y}}} \tag{23}$$

The error of developed model is equal to 0,75 %,  $R^2 = 0,985$ .

**Conclusions**

Based on experimental data, mathematical models are developed for predicting the emissions of PSA (Phthalic anhydrid) in airplanes. Three types of mathematical models are obtained. The first mathematical model. The linear correlation-regression model for forecasting PSA emissions (Phthalic anhydrid) for two flight modes: a) takeoff, climb, cruising; b) cruising, descent, landing. The error of this mathematical model is 6%, and  $R^2 = 0,89$ . The second mathematical model. Non-linear correlation-regression model for forecasting emissions of PSA (Phthalic anhydrid): for two flight modes: a) takeoff, climb, cruising; b) cruising, descent, landing. The error of this mathematical model is 3%,  $R^2 = 0,92$ . The third mathematical model. A mathematical model based on the method of deterministic stochastic factor analysis proposed by the authors for two flight modes: a) takeoff, climb, cruising; b) cruising, descent, landing. The error of this mathematical model is 0.75%,  $R^2 = 0,985$ .



## CHAPTER 11. PROBLEMS OF INFORMATION SECURITY IN DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS

DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-028

### **Introduction**

The relevance of the problem of protecting information technology in modern conditions is determined by the main factors: the aggravation of contradictions between the objectively existing needs of society in expanding the free exchange of information and excessive or, conversely, insufficient restrictions on its distribution and use; expanding the scope of use of computers, the diversity and widespread dissemination of information management systems, the high rate of increase in the fleet of computer equipment and communications; increasing the level of confidence in automated systems for managing and processing information, using them in critical areas of activity; involving more and more people and organizations in the process of information interaction, a sharp increase in their information needs, and the presence of an intensive exchange of information between participants in this process. The paper discusses the protection capabilities of distributed information systems.

### **11.1. Problems of information security of distributed information systems**

The rapid development of information technology, large-scale use of information systems, the everyday use of the global Internet are changing the economic and social aspects of society. Information systems is one of the backbone factors of modern society, and the impact of information security and all aspects of life of people over time will only increase [1, 2].

Due to the ever-increasing role of information in modern society of information security tasks occupy a special place and call to him to attract more and more attention. Information security is one of the problems faced by modern society in the process of mass use of automated tools. Modern information systems have already been inconceivable without the use of information security solutions and the creation of a comprehensive information security system [3, 4].

The practice of developing modern information systems shows that most of them are distributed in nature.

Distributed information system - an information system resources which may be related to the physically different communication lines (network) servers, but which retains the logical integrity of information and provides uniform access to it (single user interface), through any point of entry.

For distributed information systems include computer networks (CS). Along with computer networks to distributed IP also applies to multiprocessor computers and multiple computer complex.

Heterogeneity, the heterogeneity of distribution of components of information systems, the complexity of their construction, open communication protocols, a huge number of subscribers to be included in the network are causing problems of information security, monitoring network status [5, 6].

Statement of the problem of information security these days gets a number of





features:

- protection of information is becoming increasingly important for the mass of objects (large and small, public and non-state affiliation);
- dramatically expanding the variety to be protected information (public, industrial, commercial, personal, etc...);
- to the fore the problem of complex information protection.

The successful implementation of these measures is possible only in the presence of scientific and methodological foundations of complex information protection, which are understood as a set of approaches, principles and methods (scientific and technical fields), which are required for the study and analysis of complex protection issues [7, 8].

The main purpose of creating a complex protection system information (KSZI) is to ensure maximum efficiency of the protection by the simultaneous use of appropriate techniques, resources and tools that preclude unauthorized access to protected data and provide physical security of carriers in the system.

Despite the fact that information security in our time is one of the most urgent problems, however, in the Soviet literature there is no established terminology base of IB because of the absence in the country legally significant basic definition of information security.

In everyday life, often information security (IS) is understood only as the need to combat leakage of confidential and dissemination of false and hostile information. However, this understanding is very narrow.

In the literature marked ambiguous approaches to the definition of information security concepts, which displayed some of its properties.

Doctrine of the Russian Federation Information Security defines the main terms and concepts of the protection of state information. In particular, under the information security refers to "the state of protection of its national interests in the information sphere, determined by a combination of balanced interests of the individual, society and state".

The academic literature provides the following definition of information security:

Information security - the security of the information and supporting infrastructure against accidental or intentional exposure to natural or artificial nature that could harm the owners or users of the information and supporting infrastructure.

Information security is not confined solely to the protection of information and computer security [9, 10].

The protection of information - activities to prevent leaks of protected information, unauthorized and unintended impacts on the protected information, ie a process aimed at achieving this state.

The object of information security is the information affecting the state, service, commercial, intellectual and personal interests, as well as facilities and infrastructure processing and transmission.

IB subjects are bodies and structures that are in one way or another involved in its provision.

Ensuring information security in a distributed system involves the creation of



obstacles to the attempts of unauthorized access to data theft or modification of the data transmitted over the network. An important is the preservation of such properties information such as:

- 1) accessibility - the property information and its ability to provide timely and unhindered access of users to the right data;
- 2) the integrity of the - existence information unchanged;
- 3) Confidentiality - the need to introduce restrictions on access to information, a limited number of users [11, 12].

In order to fully assess the potential real damage from the loss of or damage to the information distributed system or transmitted over communication channels, it is necessary to consider the information security threats to the development of adequate measures to prevent them.

### **11.2. Analysis of information security threats, channels and methods of implementation of the security threats in distributed information systems**

information security threat - a set of conditions and factors endangering violations of information security.

Threats to information security can be classified by the following features:

- 1) On the purpose of realization of threats:
  - violation of the integrity of information;
  - breach of confidential information;
  - disorders (partial or complete) IP operability and its components.
- 2) According to the principle influence on objects of IP threats can be implemented:
  - using the access system entities (users, processes) to IP objects (the communication channel, data files, etc.);
  - using covert channels (the way information transfer, allowing two processes to communicate ways that violate system security policy).
- 3) The nature of actions on the object threats may carry out:
  - active effect, is always associated with the execution of user-defined actions that go beyond the responsibilities of the user and violate the existing information security policies (eg, access to programs, data sets, password crackers, and so on);
  - passive effect, carried out by the user observing certain side effects (e.g., the program) and analyzing them. An example of passive exposure - listening communication links between the nodes in the network. Such passive exposure is associated always exclusively with violations of confidentiality of information, as in this case there is no activity with the objects and subjects of IP.
- 4) In the same manner influences on objects of attack (if the active exposure) may take place:
  - direct impact on the objects of attack, for example, access to data sets, programs, channels and so on, using an error;
  - the impact on the permissions system (including the seizure of privileges). Unauthorized actions are carried out on the rights to the object, and the same access to the object and then carried out lawfully.
- 5) According to the classification of the object of attack threat suggests that the



impact may be subject to threats AIS components [13, 14]:

- automated information system as a whole;
- specific system objects - the program or data to the RAM, the external data, the external and internal devices of the system (disk drives, flash drives, routers, and so forth.);
- the subjects of the system, ie the processes and sub-processes with the participation of users;
- data channels, ie data packets that are transmitted over the communication channel, and the channels themselves.

6) By means of attack used. For the impact of IP attacker can be used as standard software, and specially designed programs. In the first case, attacks are usually predictable feedback as standard software in their most well studied. However, the use of specially designed programs can become more dangerous in this regard, it is recommended to avoid without the permission of the network administrator to add software.

7) The threats can be classified as an object of attack. Attack object can be in one of three states:

- Storage - on a magnetic or optical storage, in RAM or any other place in the passive state;
- transmission - for a communication link between network nodes or a node within. Exposure to involves any access to the fragments of the transmitted information, or just listening to the use of covert channels;
- treatment - in situations where the object of attack is a user process.

8) By means of the impact of information security threat objects are subject to the following classification.

On each of the infrastructure construction of the threat levels distributed information systems and their sources (including intruders) are different (Table 1).

**Table 1**

**Threats IB distributed at various levels of IP**

Level	Types of threats of information security
at the physical, network levels and the level of network applications	external sources of threats face, spreading viruses and other malicious programs, hackers and persons engaged in network attacks and unauthorized access (unauthorized access) to the IP information;
	internal sources of threats, realizing the threat within its powers and their limits (staff entitled to access to the hardware, including network administrators of network applications, etc.);
	Combined sources of threats, internal and external, acting jointly and / or in concert, in collusion
at the levels of operating systems, database management systems	internal implementing threat within its powers and their limits (system administrators, IT-professionals);
	external sources of threats face, spreading viruses and malware, hackers, and other persons engaged in network attacks and unauthorized access (unauthorized access);
	Combined sources of threats, internal and external, acting jointly and / or in concert, in collusion
at the level of applications and information	internal sources, realizing the threat within its powers and their limits (users and IP operators, employees of the organization);
	Combined sources of threats: external (eg hackers) and internal acting in collusion.



Under the threat of security of personal data (PD) at their processing within the information system to understand the totality of the conditions and factors that create a risk of information leakage, unauthorized access and unintended impacts.

Thus, the security risk of access can be associated with unintended actions employees of the organization, and with a specially implemented by the unlawful actions of offenders, as well as other sources of threats [15, 16].

Among the threats to the security of sensitive data can be identified:

- threats related to intentional or unintentional actions of employees who have access to information resources;
- threats related to intentional or unintentional actions of persons who are not staff members and realizing the threat from external networks;
- threats, depending on the properties of the hardware of the organization;
- threats that arise as a result of the introduction of hardware bookmarks and malware.

The impact on the project can be identified:

- threats to security of personal data processed on users' workstations;
- security threats, processed in the selected processing means (printers, monitors, video projectors, media sound, etc.);
- security threats PD sent over networks;
- the threat of software applications with which handled confidential information;
- threats to the system software.

Channel leakage of information - uncontrolled physical path of the restricted information source outside the organization or group of persons who have protected information, whereby the possible misuse of confidential information by hackers to master.

Conventionally, the entire set of channels of information leakage can be divided into two groups: the potentially existing and specially created.

Classification of possible channels of information leakage can be carried out also based on the type of agent, which is basic for obtaining information on the possible channel leakage: anthropogenic channel (human), technical channel (hardware and telecommunications lines) software [17, 18].

With regard to the users of your PC, the following leakage channels:

- theft of media;
- reading information from the screen by another party (while displaying information on a person or in the absence of its screen the workplace);
- reading information from unattended print programs.

Under technical channels can be identified:

- Connect to PC devices specially designed hardware, providing access to information;
- the use of special technical means to intercept the electromagnetic radiation PC hardware.

In a group of software tools, which are channels of information leakage can be identified:

- unauthorized access to program information;



- decrypting the encrypted program information;

Leakage of information through the channels PEMIN (side electromagnetic radiation and crosstalk) may be generated by means of:

- adverse electric and magnetic fields produced by BAS informative signals, information processing hardware, as well as auxiliary means and systems [19, 20];
- electric and magnetic fields generated harmonics AC power SVT modulated components informative signal;
- crosstalk informative signal in lines and data channels and auxiliary systems, a power supply circuit, ground and other conductive communication with access data beyond the security zone;
- radio emission generator included in the BAS and other equipment, as well as generation of parasitic emissions arising during unstable operation elements, amplifiers, signal generators [21, 22];
- unevenness of the current consumed by SVT on the power supply.

All infiltration channels in the system and leakage of information is divided into direct and indirect. Under the indirect understand such channels, the use of which does not require penetration into the premises, where the components of the system. To use direct channels such penetration is needed.

access channels by the method information is divided into:

- physical;
- solenoid (intercept radiation);
- information (program-mathematical).

When a contact tamper possible threats IB implemented by accessing the elements of the system, storage media, directly to the input and output information (Scoring and data), software (including OS), as well as by connecting to the telecommunications lines.

When non-contact access (e.g., for electromagnetic channel) information security threats are realized interception information in communication lines, the interception of radiation equipment, including induced in conductive communication and supply circuits, commissioning link false information, visual observation (photographing) the information output devices, interception employees and PC users [23, 24].

Possible channels of attacks that can be used to access protected information infringer:

- channels direct access to the object (visual-optical, physical, audible);
- electronic media (internal and removable), put in repair and released into disrepair;
- paper media;
- regular firmware EC funds;
- cable system, communication lines and the network equipment located within the monitoring zone and are not protected from unauthorized access to the organizational and technical measures;
- unprotected communication channels.

information security threat is realized in the form of attacks, with the result that there is a violation of information security of distributed information system.



The attack on the information system - a search and / or exploitation of a vulnerability of a particular system. In other words, the attack - is the realization of threats to system security [25, 26].

Vulnerability referred to any characteristic or property information system, the use of which an attacker can lead to the implementation of information security threats.

It is possible to identify the main causes of the vulnerability of distributed information systems:

- 1) openness to global networks, unlimited access to information on the protocols and mechanisms for the protection of IP-based networks;
- 2) errors in the system software: operating systems, utilities that are published openly [27, 28];
- 3) the heterogeneity of software releases and versions of operating systems;
- 4) complexity of design protection systems in an interworking heterogeneous systems;
- 5) incorrect or erroneous administration of systems, IC design flaw;
- 6) "savings" on and software information security or neglect of such means.

In terms of security, distributed systems are characterized, above all, the presence of remote attacks.

In modern conditions the security of information resources, distributed information systems can only be achieved comprehensive information protection system (CIPS).

### **11.3. A comprehensive approach to information security of distributed information systems**

The complex system of information protection is a holistic set of tools and sufficient protection against current threats to information security, which is integrated into the protected system. To protect the interests of the subjects of information relations, a combination of measures of the following levels (see Table 2).

Accordingly, the information security system should include protection of each IP-level control, as described in Table 2.

The difficulty of managing distributed information systems and security associated with the complexity of the construction of these systems, and therefore the control is associated with:

- centralized management of the entire distributed system;
- control units, applications and servers;
- Manage the local network and Internet access;
- control of the end-users [29, 30].

These four levels of control can be the target of threats for enterprise information security. Accordingly, the information security system should include protection for each level of management of the distributed information system.

When designing an integrated system of information protection (KSZI) should consider the following general requirements:

- Information security must be ensured at all security levels and at all stages of



Table 2

## Levels of information security

Level	Characteristic	measures applied
Legislative	Regulation by law and regulatory action acts with the information and equipment, and liability for violation of the correctness of such actions	- measures to establish and maintain in the negative society (including punitive) related to violations and violators of the IB; - directing and coordinating measures to improve public education in the field of information security
Administrative and organizational	general actions taken by supervised-stvom to form the IB program and its implementation	- development of a security policy of the enterprise information systems; - the allocation of resources for the implementation of an information security program IC
Procedural	security measures, focused on the organization of the staff, and the principles of building secure systems	- Activities in the construction and equipment of computer systems; - development of rules of access users of IP; - Selection and training of personnel; and so on.
Software and hardware	Using special software and hardware and perform (either alone or in combination with other agents) security features	- the identification and authentication of users; - access control to resources; - cryptographic transformation; - checking the integrity of the system; - anti-virus protection and so on.

the life cycle of IP;

- CIPS architecture must be distributed and layered structure corresponding to the structure of the information system;

- solutions which form CIPS, are chosen based on the scalability and modular design principle [31, 32];

- the introduction of security measures should be implemented across the infrastructure (not just the critical resources);

- Integrated IP protection information system should be integrated with built-in protection of information application systems, operating systems and services.

In the combined information protection system in the enterprise can distinguish the components described in Table 3.

As part CIPS can also be identified:

- to ensure the integrity of the subsystem;
- Subsystem for intrusion detection;
- cryptographic protection subsystem;
- protection of personnel data subsystem in the system from leakage due to stray electromagnetic radiation and interference (PEMIN);
- other subsystems of the complex system of protection.



Table 3

### Components of comprehensive information security system

number	subsystem CIPS	Characteristics KSZI subsystem
1	Subsystem management CIPS	designed to manage information security processes on the basis of laws and regulations and the rules of procedure for access to protected information and control processes CIPS
2	Security subsystem from physical unauthorized access	designed to monitor and stay on the territory of the enterprise objects GI personnel and prevent uncontrolled stay of unauthorized persons, for notification of unauthorized access
3	analysis subsystem, risk management, control of IP protection	Designed to reduce internal and external threats to information security in distributed networks, the danger of making a wrong decision and the reduction of possible negative consequences of undesirable events
4	identification and authentication subsystem	It is designed for authentication / identification procedures, network entities that are part of a distributed IP
5	filtering and firewall subsystem	intended to implement filtering of open and encrypted of IP-traffic, fixing it in domestic journals, filtering service protocol packets and registration of the requested application-level services
6	Security subsystem from malicious programs	It designed to protect distributed IP from tampering with computer viruses and other malware

### Conclusion

The paper is devoted to the analysis of information protection capabilities in modern distributed information systems. The main characteristics of the respective approaches are given.





## CHAPTER 12.

### PROBLEMS OF INFORMATION SECURITY IN DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS

DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-029

#### **Introduction**

Modern educational organizations can be quite distributed. For them, the tasks related to the protection of information are very relevant. This paper discusses the features of information security for distributed educational systems.

#### **12.1. Characteristics of distributed systems of a university with distance educational technologies**

Information and computer technology (ICT) play nowadays a key role in the processes of production, accumulation and dissemination of new knowledge. The penetration of information and communication technologies in the educational process creates conditions for a major upgrade as a meaningful target, and technological aspects of training. It is shown that significantly enriched the system of didactic means, methods, learning technologies and generated non-traditional forms and information and computer technology training.

In recent years, the practice of realization of educational services of Russian higher education confirms the advantages of a distributed University over traditional local institutions. The solution to the problem of availability of education in a distributed University provided through a network of branches, representative offices and remote training system [1, 2].

The distributed University is understood as a set of territorial units (branches), giving the opportunity to each education, almost same as in the parent organization. Representation of the distributed University act as "entry points", the places of admission of applicants to study at the University or one of its affiliates [3, 4].

The school having a network of branches and representative offices, covering a specific territory, providing its educational services. For this activity, the University must distribute its educational, scientific and administrative potential of all their units. Computer network of distributed branches of the University are training local area network, the resources which are available to all users [5, 6].

In the implementation of educational programs in the school used e-learning, distance education through the operation of a single electronic educational environment of the University. The participants of the educational process interact through the mass of information infrastructure with heterogeneity and distribution architecture.

Distance learning (DL) is a set of technologies that delivers trainees the basic volume of the studied material, interaction between learners and teachers in the education process, providing trainees opportunities for independent work on mastering of the studied material, and control in the learning process.

Progress in the field of transmitting information using computer telecommunications helped to increase educational services to a new level. Distance learning has made available a high quality education and a prestigious diploma for



students from remote communities, where economic reasons may not be placed higher educational institution or its branch. Distance learning get also wanting to improve their skills, get a second degree in a relevant field. The main form of distance learning is the student independent work on the training material.

A special case of the system DL the advocates of online education - so called massive open online courses with interactive participation (MOOCS), designed for an unlimited number of listeners [7, 8].

Distance education is carried out with a predominance in the educational process of distance learning technologies, forms, methods and means of learning and using information and educational arrays the global Internet.

System DL University represents a distributed system consisting of a Central (brain) of the computer or server on which the database software, database server, web server and other components required for data processing by students.

Students working remotely for client computers (nodes), connects to the server of the branch or head of the institution through communication lines, via the Internet or Intranet, satellite or radio communications.

On the client level, the system DL is divided into several functional modules designed to automate the activities of the educational process.

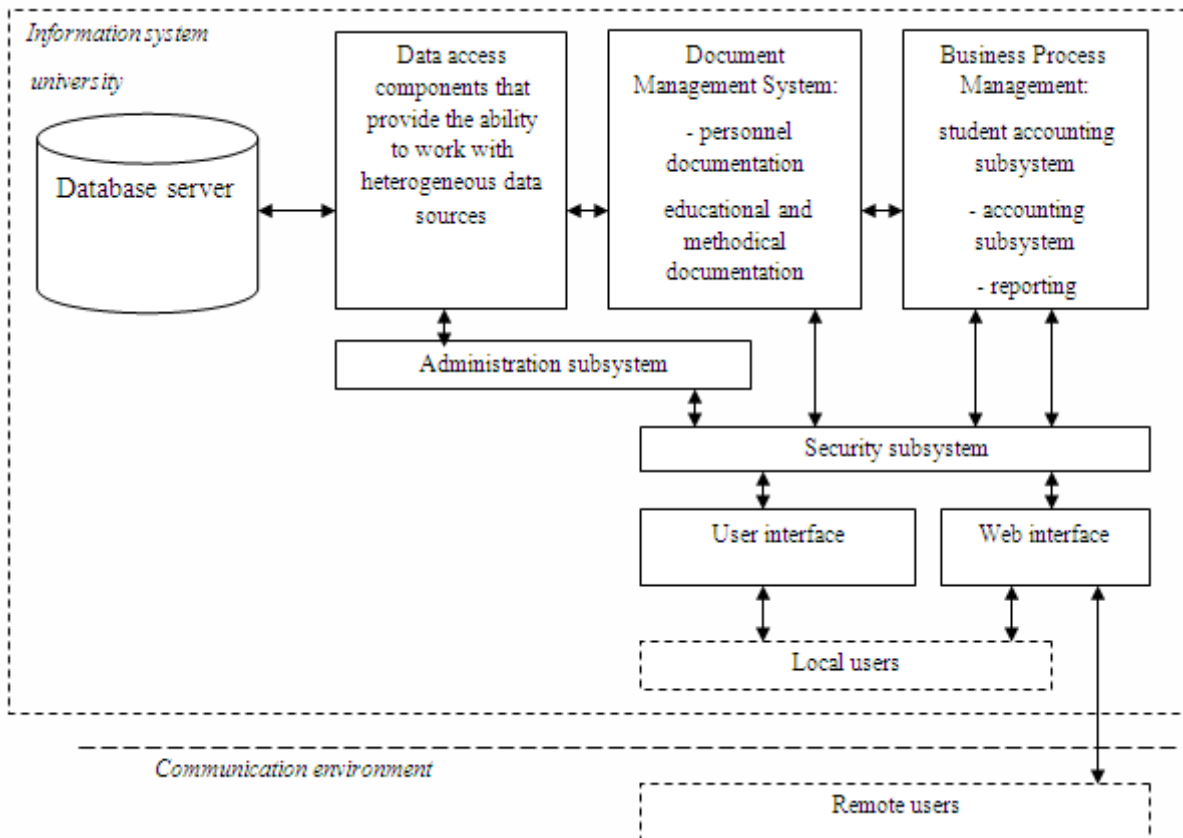
Schematically the components of a distributed information system of the University can be described in figure 1.

Currently used models of distance education are based largely on the advances of network technologies, primarily on the use of the global Internet. The personal computers of remote students be terminals, workstations exhibitors BEFORE, and the network property of connectivity provides direct communication between teacher (tutor) with the trainees and between the trainees themselves.

Communication provides a broad opportunity of interactivity, feedback in training, and process control for distance learning at the University. The learner uses the Internet as a source of information resources in databases (knowledge), digital libraries, information sites, educational institutions and other institutions present at multiple servers in the global network [9, 10].

Popular and convenient means of information on the Internet has become a services Word Wide Web (world wide web) - hypertext, hypermedia, distributed, integrated, global, decentralized information system that implements the most advanced and massive technology direct access to information on a network application layer Protocol http (HyperText Transfer Protocol — the "hypertext transfer Protocol"), which is based on technology "client-server". The basis of modern technologies of distance learning is the use of http Protocol and web site.

Information technology architecture of the educational environment of the University distance learning includes the hardware and software platform of the implementation, organizational form of database architecture and topology of computer network, telecommunications, complex of technical means of data processing.



**Figure 1 - Components of distributed information systems of a university with distance learning**

Currently, the distance education system built using the architecture "client-server": this duplex building ("thick client") or, more applied, three-level (multilevel) build ("thin client").

Software educational environment of distance education is arranged so that the executable code simultaneously on both the server and client.

Typically, the server side performs any SQL server, and a client task is the provision of a dialog operation with a user, querying, retrieving and displaying results. As client applications are most often used web browsers, providing access to databases inside corporate intranets (Intranet) and the Internet.

The full application of Internet technology to implement a LMS in an educational institution does not involve the equipment of specialized classrooms. Sufficient computer classes with access to the Internet for all kinds of work, current control and intermediate attestation. Every teacher should be provided the opportunity for academic dialogue in on-line and/or off-line modes and work with information and educational resources DL for management of educational activity of students [11, 12].

To connect computer labs to the Internet uses telephone lines, fiber optic lines, satellite communications, radiotelephone communication channels (for example, a GSM connection).

Popular technology is transfer DL the trainees educational content (electronic textbooks, video lectures, video seminars, slide lectures, etc.) through:

1) satellite bilateral or unilateral constraints, implying the scheme: "the



University of teleport – satellite – satellite (receiver) TV/computer";

2) telecommunication systems with access to the global Internet or a corporate network, which implies a scheme of interaction: "the University web server (web portal) – Internet/Intranet computer (mobile device)".

Satellite telecommunications information technology educational technology remote, which is mainly based on the use of space satellite data and TV broadcast, as well as global and local networks to provide access for students to information and educational resources, presented in the form of broadcast, digital library, video lectures and other learning tools [13, 14].

Satellite communication can be asynchronous (one-way) and synchronous (two-way). In the first case, the user receives via satellite the equipment information from the provider, and the information in the reverse direction is transmitted through PSTN (modem connection) or wireless communication channels (e.g. wifi, GPRS). Modern satellites use very small aperture terminals technology transfer VSAT (Very Small Aperture Terminals) to the terminals VSAT and antennas with a diameter of 1 m with an output power of about 1 watt. The satellite channel has a bandwidth of 19.2 Kbps, while satellite — more than 512 Kbps, the terminals can not directly work with each other only via telecommunications satellite. To solve this problem, there are intermediate ground-based antennas with high gain. The structure of a satellite communication system has the following components:

- a space segment comprising one or more satellite transponders;
- a ground segment that has a system control center, command and measurement stations, a communications control center and gateway stations;
- a user (subscriber) segment that communicates using personal satellite terminals;
- terrestrial communication networks with which gateway space communication stations are interfaced via an interface.

Despite the high speed of information delivery and television broadcasting using satellite equipment, remote access to the resources of the central university is currently being implemented more and more through wired technologies, which include telephone lines, fiber optic lines, cables [15, 16].

The most promising technology is Internet connection through dedicated high-speed fiber-optic communication lines - FTTB / PON technology (Fiber to the Building / Passive Optical Networks - home optics).

These telecommunication lines currently provide faster, more convenient and cheaper two-way communication between units of a distributed university, between teachers (consultants, tutors) and trainees in the DL system, practically replacing satellite technologies in training [17, 18].

## **12.2. Problems of information security of corporate networks of a distributed university**

The corporate network is a distributed University with distance learning - an information system including computers, servers, network equipment, communications and telecommunications, software system designed for solving problems of University management and conduct educational activities. The



corporate network of the distributed University is usually United not only its structural divisions, regional offices, branches, centers of access.

Information-educational space of the distributed University is the information contained on servers in corporate networks, educational institutions, electronic libraries, databases and the global Internet, electronic media, and transmitted by television and satellite communication links of the distributed University.

In distributed information systems of higher educational institutions is stored and processed a huge number of different data associated not only with the support of the educational process, but also with research & development, financial information, personal data of students and staff, official, commercial and other confidential information [19, 20].

Problems of complex information security of corporate networks of the distributed University is much broader, more diverse and more acute than in other systems. This is due to the following features:

1) a large area, which is a distributed University, you have remote branches, representative offices;

2) a huge flow of heterogeneous information circulating in the information environment of the educational institution;

3) the presence in the information environment of the University the various developments in the field of research and teaching activities, which are objects of intellectual property;

4) a large number of users with access to information resources of the University, the majority of which are students – young people aged 18 to 23 years, and from the point of view of information security it is this category of people is most vulnerable;

5) the heterogeneity of the enterprise networks of the University as on equipment and software due to the fact that networks were created over a long period of time for different tasks in the various divisions of the University;

6) on the same corporate network of the University are solved two main tasks: provision of educational and research activities and the solution of the problem of management of educational and scientific processes. This means that at the same time in this network has several automated systems or subsystems within a control system;

7) in distributed information systems of the University is handled by a large number of personal data: faculty and staff of the University, students, their families, which leads to increased risks of unauthorized access to personal data [21, 22];

8) the volatility of the auditorium of the University, ever-changing users of various skill levels and capabilities, presence of potential "criminals", which include students;

9) complexity of the correct authentication of learners accessing remotely to the information resources of the University in the system of distance educational institutions [23, 24].

Another problem of information security of the University is that the perimeter of a distributed network of the educational institution is not defined and continues to erode, mobile devices, tablets, other endpoint devices, and web applications are irreversibly changing the educational process, providing the opportunity to access



learning materials from anywhere in the world. All this increases the risks of information security of the institution [25, 26].

The problem of information security of a distributed network of the University includes the protection of information resources of the corporate network of the head of the University, and LAN its branches, representative offices, centers of access [27, 28].

Consider the main information security threats in remote branches of a distributed University with distance learning technologies. Local area network of the branch is part of a corporate network of the University, but it has a certain autonomy – its own infrastructure [29, 30].

### **12.3. Modeling of objects of protection, threats to information security and IS breach channels in a university branch**

In the information systems of subjects of protection are the information storage medium or an information process in respect of which it is necessary to provide protection in accordance with the intended purpose sewn information.

The security elements called in the information system data set that may contain protected information. It hardware (basic devices: memory, CPU, control unit, input devices, output devices); software system (operating system, complex maintenance programs, software packages) that can form single-machine data processing system or computing systems.

The owner of the information — the entity engaged in the ownership and use of information and implementing the authority's orders within the rights established by law and/or the owner of the information.

The user (consumer) of information — the subject using information received from its proprietor, owner or agent in accordance with the rights and rules of access to information or their violation [31, 32].

In a distributed information system of the branch of the University with remote forms of training the objects of information security are information resources and their speakers are hosted in the local network: servers, workstations, telecommunications lines, network equipment, software, information databases, and areas, which are the components of the information systems educational resources and personal data. The subjects of information security LAN of the branch of the University are all users of information systems, the school staff, students, applicants.

Users of distributed information systems branch of the University can be divided into categories (table 1).

From the point of view of architecture in the corporate information environment of a branch of a distributed university, there are 4 levels of IS objects:

1) equipment of the computer network, channels and data transmission lines, user workstations, data storage systems;

2) operating systems, network services and services for managing access to resources, middleware;

3) application software, information services and user-oriented environments;

4) databases, electronic libraries, personal data, electronic educational and methodological complexes, electronic archives of regulatory documents and so on.



Threats to information security of a distributed network of a branch of a university of branches involves internal and external potential security threats. The table in Appendix D lists information security threats by the level of IS objects and by groups of external and internal threats.

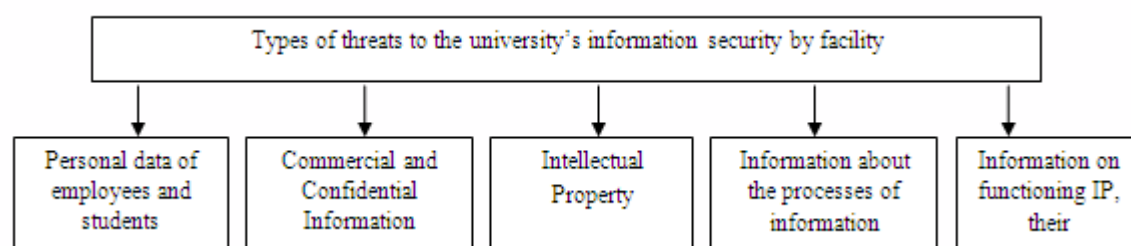
**Table 1**

**Main categories of users of information systems branch of the University**

User Category	User Feature	Access levels
Information Systems Administrator	Employees of the IT department who are involved in configuring, implementing and maintaining IP	<ul style="list-style-type: none"> <li>- possesses complete information on system and application software, on hardware and configuration of IP;</li> <li>- has access to all technical means of processing information and data;</li> <li>- has the rights to configure and administer hardware and LAN</li> </ul>
Teaching association employee	Employees of the educational-methodical department, heads of structural divisions	<ul style="list-style-type: none"> <li>- possess all the necessary attributes (for example, a password) that provide access to a certain subset of access;</li> <li>- have all the rights of access to the databases of IP management of business processes of the university and educational planning</li> </ul>
Teacher	Teachers, laboratory assistants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- have rights of access to all information and educational resources of the University and the head of the branch;</li> <li>- have a limited level of access to documents of the electronic document</li> </ul>
Accountant	Accountants, cashiers, employees of financial and economic departments	<ul style="list-style-type: none"> <li>- have the ability to access the financial information of the university;</li> <li>- have all the rights of access to IP accounting and tax accounting, to electronic reporting systems</li> </ul>
Student	Students, course participants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- have access rights to the information and educational resources of the head university and branch within the framework of their curriculum</li> </ul>

Physical access channels in a computer system include technological control panels; internal installation of equipment; communication lines between the hardware of a given computer system; spurious electromagnetic radiation of information from system equipment; incidental information on the power supply and grounding equipment.

Types of security threats to educational institution facilities can be represented by a generalized classification in Figure 2.



**Figure 2 - A generalized classification of threats of information security of a university by its objects**



Sources of possible threats of the information are:

- computer classrooms;
- mobile device;

local computers of University employees, unskilled in the area of is;

- the Internet.

In the system of distance training are also possible jeopardization of test procedures and electronic exams: challenges identification of students, cheating, forgery, plagiarism, proper functioning of the system of knowledge evaluation. For systems characterized by the following main channels of access to information:

terminals (work stations, personal computers) users;

server or specialized workstation of the system administrator; the information display means;

- documentation of information; the means of loading software into a computer system; storage media;

- external communication channels.

Information resources containing educational information located on the servers of the head of the University and protected by security policies, tools and technologies on the corporate network of the Central University.

In a local network of branches distributed University circulates information relating to the activities of the branch including the financial information the branch of the University, documentation of administrative and regulatory nature relating to the organization of work in the business unit, employees ' personal information, service information and other sensitive information.

Confidentiality of information - binding for the entity to obtain access to certain information, the requirement not to transfer such information to third parties without the consent of its owner (article 2 of the Federal law "On information, information technologies and protection of information").

Confidential information includes all types of restricted information protected by the law: trade secret, proprietary information of businesses, private (personal) data.

Educational institutions must also comply with requirements for the protection of personal data processed in automated information systems, and to take measures to ensure the security of personal data during their processing.

In this regard, the actual threats to information security in schools are also threatened breach of confidentiality and unauthorized access to information systems of personal data.

Attention in educational institutions should be given to the channels of leakage of confidential information, including personal data, educational materials faculty members who are intellectual property. The main channels for confidential information leakage are:

- 1) theft of computers, including network workstations, servers and laptops;
- 2) the Internet, including e-mail, IM-clients, social networks and other services of the global network;
- 3) removable storage media.

As channels of information leakage in a branch of a distributed university, they





are much rarer, but they can also be used: direct or contactless (induction) connection to a telephone line, a radio relay room ("bug"); Wi-Fi wireless network electromagnetic radiation of low and high frequency electronic circuits of the organization.

The corporate networks of the university's branches are usually based on the concept of poor financing, which does not allow the purchase of equipment for hardware and cryptographic protection of communication channels, separate a separate information security service from the educational institution, and use specialized software systems for intrusion detection and monitoring network activity.

### **Conclusion**

In the paper the characteristics of distributed systems of a university with distance educational technologies are considered. Problems of information security of corporate networks of a distributed university are shown.

Modeling of objects of protection, threats to information security and IS breach channels in a university branch is carried out.



## CHAPTER 13. THE INFLUENCE OF TRAFFIC FLOWS ON THE LEVEL ENVIRONMENTAL SAFETY OF LIFE UNIT OF SOCIETY

DOI: 10.30888/978-3-9821783-0-1.2020-01-01-004

### Вступ

Процес урбанізації середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон (СВДМПЗ), що дозволяє якісно поліпшити якість соціальної складової СВДМПЗ, має й оборотну сторону. Людина, що є складовою СВДМПЗ, та активним споживачем транспортних послуг підпадає під багаточисельні ризики.

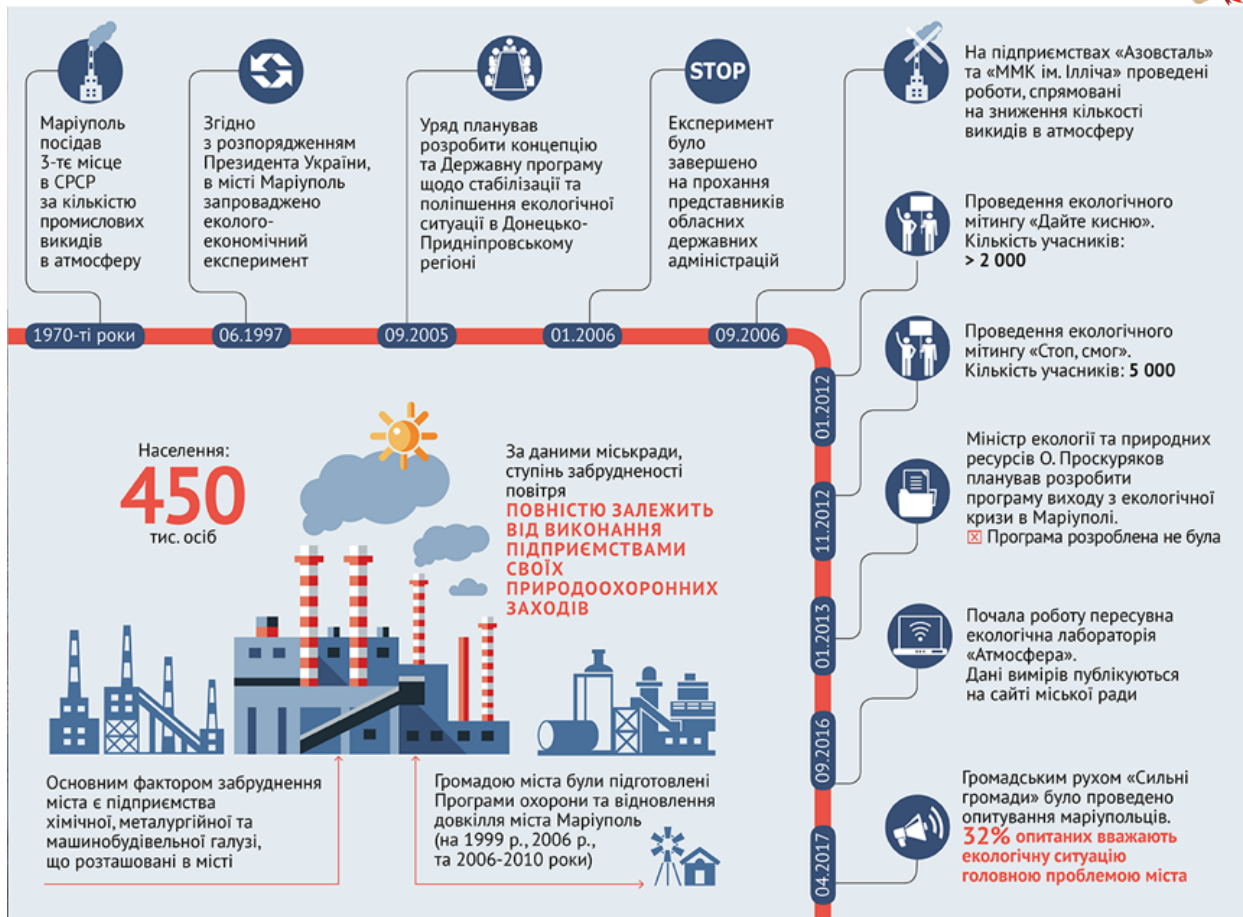
Теоретично-наукові механізми оцінки рівня забезпечення ефективності заходів, спрямованих на досягнення сумісності впливу транспортних потоків на величину витрат, що виділяються на підтримку здоров'я одиниці соціуму, базуються на реалізації комплексу сітілогістичних рішень, щодо попередження та запобігання надзвичайних ситуацій (НС) і зниження негативного впливу транспортних систем на довкілля СВДМПЗ. Реалізація даного спектра заходів вимагає значних фінансових ресурсів.

Однак, в умовах їх дефіциту у органів, що забезпечують життєдіяльність всіх суб'єктів в СВДМПЗ виникає необхідність проведення оцінки ефективності сітілогістичних рішень і вибору найбільш результативних з числа альтернативних.

### **13.1. Теоретичний механізм оцінки ефективності сітілогістичних рішень, щодо забезпечення екологічної безпеки соціуму в умовах екологічного каркасу середовища вулично-дорожньої мережі промислових зон**

Виконаний теоретичний аналіз підходів до оцінки ефективності економічних вкладень муніципальними органами управління, які спрямовано на зниження негативного впливу від техногенних факторів на довкілля СВДМПЗ на прикладі міста Маріуполь (рис.1) [1] показав, що вони застосовані для обґрунтування ефективності сітілогістичних рішень тільки в частині оцінки економічної доцільності діяльності промпідприємств та екологічного стану акваторії Азовського моря, та не містять рекомендацій до визначення екологічних і соціальних ефектів в вартісному вираженні, що досягаються від їх імплементації в структуру управління екологічною безпекою транспортних систем.

Такий стан викликає необхідність удосконалювати методику оцінки ефективності асиміляції економічних вкладень в сіті логістичні рішення в частині відображення їх особливостей при формуванні показників, що використовуються в розрахунках еколого-економічної і соціальної ефективності сітілогістичних рішень, які імплементуються. Формування пропозицій щодо вдосконалення механізму призводить до необхідності доповнити систему традиційних принципів, які застосовуються при визначенні ефективності асиміляції економічних вкладень. Це дозволить



**Рис. 1. Ланцюг заходів в часовому просторі, що спрямовані на зниження негативного впливу від техногенних факторів на довкілля СВДМПЗ**

Источник: [1]

оцінити і врахувати в вартісному вираженні всі можливі еколого-економічні та соціальні наслідки НС: принципи комплексного врахування наслідків НС, «забруднювач платить» (Київська конвенція), обліку причинно-наслідкових зв'язків, декомпозиції, універсальності, вартісної оцінки всіх складових збитку (ефекту) [2, 3]. Для визначення еколого-економічних ефектів надана інтерпретація загальноприйнятих принципів їх оцінки, а в основі методу оцінки соціальних ефектів пропонується використовувати принципи визначення асиміляційного потенціалу і врахування динаміки людського капіталу.

В результаті реалізації небезпеки при роботі транспортних систем в умовах екологічного каркасу (ЕК) СВДМПЗ завданий збиток складається з соціальних, матеріальних і екологічних втрат.

Запропонована і використовується при розрахунках математична модель управління інтегрованими ризиками техногенних аварій в СВДМПЗ [3, 4].

Ця модель визначає комплексний показник безпеки, який відображений в єдиному вартісному еквіваленті і об'єднує в собі очікувані збитки соціальних, екологічних і матеріальних втрат:



$$\left\{ \begin{array}{l} R(Y_{\Sigma}) = R(Y_C) + R(Y_M) + R(Y_{\Xi}) \\ R(Y_C) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{\alpha} R_{ij}(E_c) \cdot Y_{cijk}, \\ R(Y_M) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{r=1}^{\omega} R_{ij}(E_M) \cdot Y_{mijr}, \\ R(Y_{\Xi}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{q=1}^{\eta} R_{ij}(E_{\Xi}) \cdot Y_{\Xi ij q}, \end{array} \right. \quad (1)$$

де:

$R(Y_{\Sigma})$  – інтегрований ризик;

$R(Y_C)$  – ризик соціального збитку  $Y_C$  (колективний ризик);

$R(Y_M)$  – ризик матеріального збитку  $Y_M$ ;

$R(Y_{\Xi})$  – ризик екологічного збитку  $Y_{\Xi}$ ;

$n$  – кількість можливих вражаючих чинників, що формуються в результаті реалізації на об'єкті існуючих небезпек (вибух, пожежа, викиди хімічно небезпечних речовин);

$m$  – кількість зон ризиків, розташованих в межах сектору вірогідної поразки;

$\alpha$  – кількість ступенів ураження людини;

$\omega$  – кількість складових матеріального збитку;

$\eta$  – кількість складових екологічного збитку;

$R(E)$  – потенційний ризик виникнення надзвичайної ситуації для реципієнта вигляду  $E$ .

Слід зазначити що в основу моделі інтегрованого ризика покладені формули математичного очікування відповідних втрат (очікуваний збиток), реалізації несприятливої події, що функціонально зв'язують частоту (вірогідність), і збиток, нанесений даною несприятливою подією. Збиток визначається типом небезпеки, що реалізовується, і видом реципієнта дії. Реципієнт дії в СВДМПЗ є фізична (одиниця соціуму) або юридична особа, що споживає ресурси та впливає на стан екологічної безпеки в середовищі, що досліджується). Частота неблагодійної події характеризується потенційним ризиком – стохастичною (імовірнісною) складовою очікуваного збитку.

### 13.2. Математична модель екологічно-безпечного простору діяльності одиниці соціуму в умовах ЕК СВДМПЗ

Екологічно-безпечний простір (ЕБП) для одиниці соціуму в межах ЕК СВДМПЗ може бути представлено не тільки координатами його розташуванням в географічному просторі, але і його розташуванням відносно до техногенної складової середовища.

Техногенна складова ЕБП у досліджуємому середовищі розглядається не

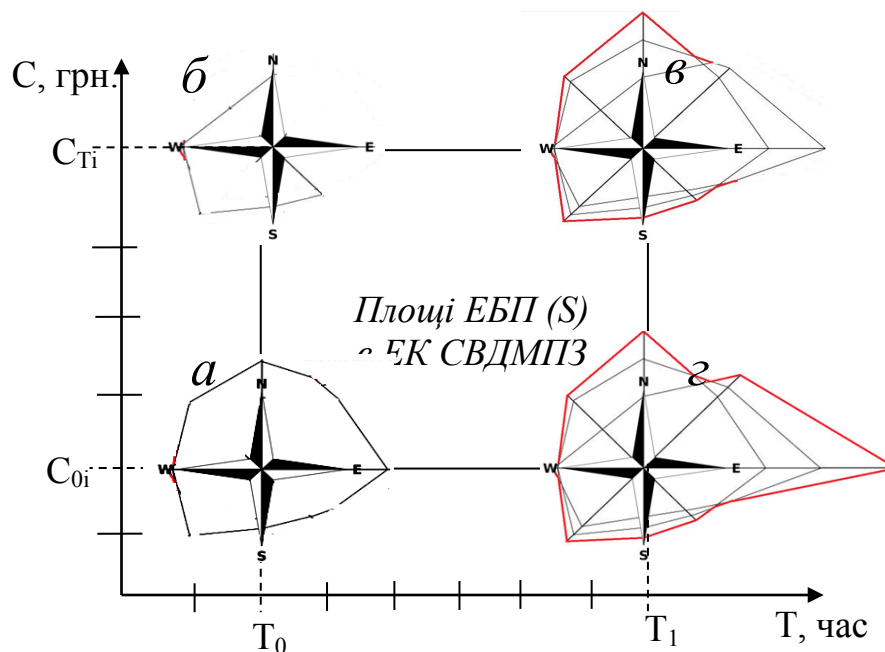


тільки як географічна площина СВДМПЗ, яку займає людина, але і як функційний сектор в соціумі, який визначається екологічним потенціалом людини, та залежить від концепції, що реалізується в сучасних умовах розвитку світу, а саме концепції «Здорового міста» (англ. – Healthy city) [5, 6]. Розробка моделі ЕБП допоможе надати відповідь на різні питання, а саме: які є причини зменшення потенціалу людини в умовах існуючих меж ЕК СВДМПЗ, що в свою чергу приводить до аварій на маршрутах; причини зниження рівня циклічної взаємодії складових суб'єктів СВДМПЗ та багато інших.

Функційність ЕБП можливо визначити за характеристикою процесів, що спрямовані на зменшення впливу «брудного ресурсу» на людину та представити як модель динамічної системи (рис.2).

Процеси, що спрямовані на забезпечення функційності ЕБП задаються з урахуванням величини дефіциту витрат на забезпечення екологічної безпеки життя одиниці соціуму, що синтезується роботою транспорту в межах СВДМПЗ на заданому часовому просторі.

Фактори, що визначають функціональність ЕБП, задаються допустимою областю значень стану (рівень дефіциту) –  $C_{0i} - C_{Ti}$  на визначеному часовому просторі  $T_0 - T_1$  (рис.2).



«а-а» – відрізок високої функційності ЕБП, що пов'язано з низьким рівнем дефіциту витрат на забезпечення екологічної безпеки життя одиниці соціуму  $C$ ;  
 «б-б» – відрізок низької функційності ЕБП, що пов'язано з високим рівнем дефіциту витрат на забезпечення екологічної безпеки життя одиниці соціуму  $C$ .

**Рис. 2.** Принципова схема змін показника ЕБП ЕК СВДМПЗ  $C_{0i} - C_{Ti}$  за час  $T_0 - T_1$  в двовірному просторі СВДМПЗ по  $i$ -му фактору – рівень потенціалу ЕБП, як складової архітектури ЕК

*Авторська розробка*



Модель представлена на основі аналітичної геометрії в двохкоординатній системі. З огляду на складність узгодження розмірностей, в подальшому будуть розглядатися відносні показники цих величин в частках одиниці, а величина їх змін ( $\Delta$ ) буде визначатися за абсолютною величиною.

Для спрощення розрахування, процес, що відбувається в ЕБП буде характеризуватися площею прямокутника ( $S$ ), утвореного відрізками  $\Delta C$  і  $\Delta T$  в розглянутій двох координатній системі:

$$S = \Delta C \cdot \Delta T, \quad (2)$$

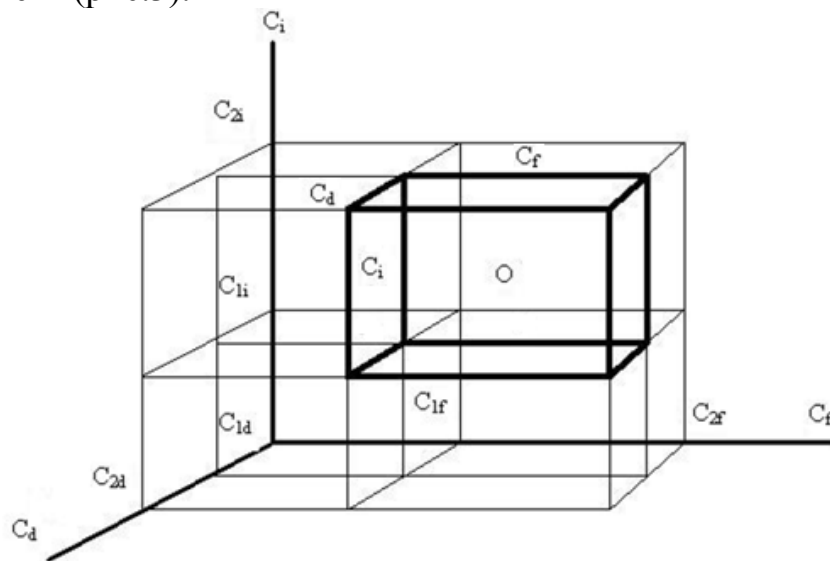
Виходячи з математичного аналізу площа прямокутника утвореного  $\Delta C$  і  $\Delta T$  можна визначити за виразом:

$$S = \int_{C_0}^{C_1} f(c) dC. \quad (3)$$

При цьому вважаємо, що  $f(C_{0j} - C_{0i}) = T_j$ . Одним з основних завдань мінімізації небезпеки ЕБП в умовах ЕК СВДМПЗ є зниження дефіциту  $i$ -го фактора (рівень потенціалу ЕБП, як складової архітектури ЕК)  $C_{li}$  до  $C_{ni}$ , т.е. визначення  $f(C_i) \rightarrow C_{ni}$ . В умовах ЕК СВДМПЗ, можна прийняти, що  $C_{oi} = C_{ni}$  ( $C_{ni}$  – плановий показник, встановлений бюджетом територіальної громади або іншими документами для  $i$ -го фактора). При цьому параметр ( $T$ ) визначається умовами праці та відпочинку працівника.

Однак для процесів регулювання параметром є фізіологічний стан людини  $F$ , який також функціонально пов'язано з факторами ( $C_{0i}, \dots, C_{1n}$ ). Ефективність процесу регулювання, що визначається рівнем дефіциту витрат на забезпечення екологічної безпеки життя одиниці соціуму ( $O$ ) буде визначатися величиною вимірювання цих факторів. Зміни факторів ЕБП ( $\Delta C$ ) буде визначатися показниками витрат (ресурси) на одиницю ( $\Delta Z$ ) «оброблюваного» обсягу ЕБП.

ЕБП людини з системою регулювання її чинників можна уявити в трьох координатній системі (рис.3).



**Рис 3. Просторова модель ЕБП з системою регулювання її екологічних факторів  $C_d, C_i, C_f$  в тривимірній системі координат**

*Авторська розробка*



Обсяг паралелепіпеда або масив, утворений відповідними векторами ( $C_i$ ,  $C_d$ ,  $C_f$ ) буде визначати результат – виконання нормативних вимог до якісних показників (станом) ( $O$ ) ЕБП людини в ЕК СВДМПЗ:  $C_i$  – рівень асиміляційного потенціалу;  $C_d$  – оцінка потенціалу ЕК;  $C_f$  – обсяг споживання «брудного ресурсу».

Обсяг паралелепіпеда, побудованого на векторах, дорівнює:

$$O = C_i \cdot C_d \cdot C_f = (c_{2f} - c_{1f}) \cdot (c_{2i} - c_{1i}) \cdot (c_{2d} - c_{1d}). \quad (4)$$

Математичну модель, функціонал якої полягає в оцінці дефіциту економічного ресурсу необхідного для забезпечення екологічної безпеки одиниці соціуму в ЕБП як складової ЕК СВДМПЗ можливо записати у векторній формі в алгебраїчній проекції обсягу куба, попередньо перемістивши його в початок координат і визначивши координати векторів [4, 5, 6]:

$$\begin{aligned} C_d &= \{0, 0, C_{2d}\}, \\ C_i &= \{0, C_{2i}, 0\}, \\ C_f &= \{C_{2f}, 0, 0\}. \end{aligned} \quad (5)$$

Визначник ( $\Delta$ ) третього порядку знаходиться з виразу:

$$\Delta = x_1 y_2 z_3 - x_1 y_3 z_2 + y_1 z_2 x_3 - y_1 z_3 x_2 + z_1 x_2 y_3 - z_1 x_3 y_2. \quad (6)$$

Підставивши відповідні значення векторів з вираження (5) в вираз (6), отримаємо наступний вираз [4, 5, 6]:

$$\Delta = -C_{2i} \cdot C_{2d} \cdot C_{2f}. \quad (7)$$

Просторову область паралелепіпеда можна визначити за допомогою потрійного інтеграла [4, 5, 6]:

$$O = \int_{C_{1i}}^{C_{i2}} dC_i \cdot \int_{C_{1d}}^{C_{d2}} dC_d \cdot \int_{C_{1f}}^{C_{2f}} f(C_i, C_d, C_f) \cdot dT. \quad (8)$$

Мінімізація процесу регулювання буде визначатися мінімізацією дефіциту витрат на забезпечення екологічної безпеки життя одиниці соціуму (мінімізації  $\Delta_3$ ) при виконанні вимог щодо мінімізації екологічної небезпеки ( $\Delta C$ ) після регулювання факторів робочої сфери, яке визначається відхиленням показників від нормативного значення ( $C_H$ ).

Але в модель включені тільки три фактори  $C_i$ ,  $C_d$ ,  $C_f$ , а в реальних умовах їх набагато більше і тому треба б ввести  $C_J$  – випромінювання, відходи, шумове забруднення;  $C_s$  – людський потенціал і інші. Введення цих факторів вимагає переходу до чотиривимірному і п'ятимерному вимірам. Перехід в чотиривимірний



вимір висуває необхідність побудови чотиривимірного об'єкта. Рішення завдання мінімізації в чотиривимірному просторі може бути виконано із застосуванням завдання лінійного програмування.

Мінімізація екологічної небезпеки при застосуванні систем регулювання факторів ЕБП в умовах ЕК СВДМПЗ будемо визначати наступною залежністю:

$$f(O) \rightarrow -O_0 \text{ при } O \rightarrow -O_{\min}. \quad (9)$$

Тобто з'являється задача по визначенню функції  $y = f(O)$ , яка має межею число  $O_0$  при  $O$ , що стримиться до  $O_{\min}$  при малому  $\varepsilon > 0$  при якому можна знайти таке число  $\delta > 0$ , що відповідає визначенню  $I$  межі функції.

Тоді:

$$|f(O) - O_0| < \varepsilon, \quad (10)$$

як тільки:  $|O - O_{\min}| < \delta.$

Це можливо записати наступним виразом:

$$\lim_{O \rightarrow -O_{\min}} f(O) = O_0. \quad (11)$$

при

$$O \rightarrow -O_{\min}.$$

При аналізі конкретних моделей процесів регулювання чинників ЕБП, для трьох координатної системи необхідно визначати значення  $\varepsilon$ ,  $\delta$  і  $\chi$ . Експертна оцінка цих показників і буде критерієм мінімізації математичної моделі безпеки ЕБП ЕК СВДМПЗ.

При дослідженні в якості основних точок, що визначають відхилення  $\varepsilon$ ,  $\delta$  і  $\chi$  можуть бути обрані усереднені показники, які визначаються за такими виразами:

$$\text{для } C_i: \quad C_{0i} = \frac{C_{2i} - C_{1i}}{2}, \quad (12)$$

$$\text{для } C_d: \quad C_{0d} = \frac{C_{2d} - C_{1d}}{2}, \quad (13)$$

$$\text{для } C_f: \quad C_{0f} = \frac{C_{2f} - C_{1f}}{2}. \quad (14)$$

Таким чином, можливо записати:

$$C_{1i} + \varepsilon < C_{0i} < C_{2i} - \varepsilon, \quad (15)$$

$$C_{1d} + \delta < C_{0d} < C_{2d} - \delta, \quad (16)$$

$$C_{1f} + \chi < C_{0f} < C_{2f} - \chi, \quad (17)$$

при  $\varepsilon, \delta$  і  $\chi \rightarrow 0$ .

## Висновки

Основною метою існуючих механізмів забезпечення якості соціальної складової СВДМПЗ є досягнення сумісності впливу транспортних потоків на





величину витрат, що виділяються на підтримку здоров'я одиниці соціуму. Для реалізації отриманих рішень запропоновано математична модель управління інтегрованими ризиками техногенних аварій в СВДМПЗ, як комплексного показника його безпеки, який представлений в єдиному вартісному еквіваленті і об'єднує в собі очікувані збитки соціальних, екологічних і матеріальних втрат.

Проведений аналіз забезпечення життєдіяльності соціуму в умовах СВДМПЗ показав, що для оцінки матеріального та екологічного збитку існують офіційно затверджені методики, а для оцінки економічного еквівалента витрат на забезпечення безпеки життя одиниці соціуму такої методики немає. Аналіз механізмів, розроблених вченими в цій галузі, дозволив зробити висновок, що більшість з них ґрунтуються на визначенні величини економічних втрат в умовах аналізованого середовища від травматизму і профзахворювань працівників, які висловлюються у вигляді втрат прибутку від недоотриманої продукції; у вигляді витрат на оплату лікарняних листів, санаторно-курортне та профілактичне лікування; виплат допомоги (пенсій) у зв'язку з втратою годувальника і тимчасової втрати працездатності. Однак, застосування лише таких критеріїв носило б обмежений характер, оскільки шкода завдається не тільки суб'єктам досліджуваного середовища, а й одиниці соціуму. Саме тому, авторами пропонується для оцінки економічного еквівалента витрат, спрямованих на забезпечення безпеки життя одиниці соціуму, використовувати принципи концепції: «*Human Capital*» [5, 6].

Згідно з положеннями цієї концепції, показник економічного еквівалента забезпечення безпеки життя одиниці соціуму відображає не тільки витрати, вкладені в одиницю соціуму домашнім господарством, юридичною особою, державним органом, а й ефективність цих економічних впливань, відображену через показник норми віддачі, в якості якого на рівні народного господарства може виступати внутрішній валовий продукт на одиницю соціуму, який живе в певному секторі ЕК СВДМПЗ



## References

### Chapter 1.

1. Bezzubenko N.K. *Increase of diamond grinding efficiency by introduction in cutting zone the additional energy in the form of electric discharges*. Abstract of the tesis for Doctor's degree. Kharkov, 1995, 56 p.

2. Novikov F.V., Novikov G.V., Gutsalenko Yu.G. Parameter optimization of energe-wise balanced diamond grinding process. *Physical and mathematical theory of material's processing and mechanical engineering*. In 10 vols. Odessa, ONPU, 2005, Vol. 9, pp. 477-504 (in Russian).

3. Novikov F.V., Gutsalenko Yu.G. Development of analytical model for diamond grinding stable in time. *Bulletin of NTU "KhPI"*. 2005, Iss. 12, pp. 51-63 (in Russian).

4. Gutsalenko Yu.G. Stability of wheel in working processes of rational stable grinding. *Bulletin of NTU "KhPI"*. 2005, Iss. 24, pp. 50-63 (in Russian).

5. Bezzubenko N.K., Gutsalenko Yu.G. Influence of bond on wear of wheel at diamond-spark grinding. *Information technologies: science, technics, technology, education, health*. Kharkov, KhSPU, 2000, Vol. 8, pp. 13-19 (in Russian).

6. Kobzar L.E., Fadeev V.A., Bezzubenko N.K. *Progressive diamond-spark grinding*. Kharkov, Kharkov State Polytechnical University, Kharkov Scientific-Production Association FED, 1995, 153 p. (in Russian).

7. Naboka E.V. *Diamond grinding efficiency increase through introduction of electrical discharges and ultrasonic vibrations in cutting zone*. Abstract of the tesis for PhD degree. Kharkov, 1998, 17 p. (in Russian).

8. Ryzhov E.V., Bezzubenko N.K., Kiyashko V.A. Study of pulsed radiation interaction with diamond tool surface. *Superhard Materials*. 1993, Iss. 4, pp. 24-27 (in Russian).

9. Bezzubenko N.K., Gutsalenko Yu.G. Diamond-spark grinding: brief survey about development of the Kharkov scientific school to the physics of cutting operations. *Information technologies: science, technics, technology, education, health*. Matters of Int. Theoretical and Practical Conf. 18-19 May 2006 devoted to the M. F. Semko's 100th anniversary. Kharkov, Cursor Publishing House, 2006, pp. 60-66 (in Russian).

10. Gutsalenko Yu.G. Influence of bond of wheel on expenses for tool supplying of diamond grinding, *Bulletin of KhSPU*, 2000, Iss. 99, pp. 57-59 (in Russian).

11. Gutsalenko Yu.G. Influence of electric modes on diamond consumption in working processes of diamond-spark grinding with steady cutting ability of tool. *Bulletin of NTU "KhPI"*, 2000, Iss.100, pp. 45-49 (in Russian).

12. Bezzubenko N.K., Gutsalenko Yu.G. Setting of electric parameters of diamond-spark grinding. *Bulletin of NTU "KhPI"*, 2001, Iss. 4, pp. 3-8 (in Russian).

13. Gutsalenko Yu.G. Rational use of diamond tools on metal bond in productive processes of grinding of high-strength steels and alloys. *Physical and computer technologies*. Kharkov, Kharkov Scientific-Production Association FED, 2004, pp. 63-66 (in Russian).

14. Gutsalenko Yu.G. Research of transformation interrelations of functional



stability of grinding process and cutting relief of tool. *Bulletin of NTU "KhPI"*, 2005, Iss. 24, pp. 39-49 (in Russian).

15. Fadeev V.A., Gutsalenko Yu. G., Bezzubenko N.K. Electroerosion processes under diamond-spark grinding. *Gepgyartastechnologia* (Hungary). Vol. 35 (1995), Iss. 7-8, pp. 269-273 (in Russian).

16. Gutsalenko Yu. Stable diamond grinding. *Fiability & Durability*. Targu Jiu, Editura "Academica Brancusi". 2010, Iss.1, pp. 19-24.

17. Malykhin V.V. *Improving the efficiency of co-grinding by diamond wheels of hard alloys containing tungsten, and steel*. Abstract of the thesis for PhD degree. Kharkov, 1985, 26 p. (in Russian).

18. Babenko Y. A. *Improving of efficiency of diamond wheels based on polymeric and ceramic bonds*. Dissertation for PhD degree: Manuscript. Kharkov, NTU "KhPI", 2014, 203 p. (in Russian).

19. Baraboshkin K. S. *Investigation of the formation of the texture of detonation nanodiamonds for designing and creating of highly efficient composite materials*. Dissertation for PhD degree: Manuscript. Biysk, Federal Research and Production Center "Altai", 2006, 136 p. (in Russian).

20. Bratan S.M., Iancu C., Gutsalenko Yu.G., Sevidova E.K. Coatings for electrically insulating protection of grinder faceplate. *J. of the Sevastopol Nat. Tech. Univ.* 2014, Iss. 150, pp. 28-31 (in Russian).

21. Iancu C., Stăncioiu A. Graphene: a new material. *Fiability & Durability*. Targu Jiu: Editura "Academica Brancusi". 2011, Iss. 1, pp. 31-34.

22. Lyamkin A.I., Petrov E.A., Ershov A.P., Sakovich G.V., Staver G.V., Titov V.M. Production of diamonds from explosives. *Reports of the USSR Academy of Sciences*. 1988, Vol. 302, Iss. 3, pp. 611-613 (in Russian).

23. Vereshchagin A.L. *Properties of detonation nanodiamonds*. Barnaul, Publishing House of the Altai State Tehn. Univ., 2005, 134 p. (in Russian).

24. Trefilov V.I., Savvakina G.I., Skorokhod V.V., Solonin Yu.M., Hrienko A.F. Features of the structure of the ultra-dispersed diamonds from high-temperature synthesis in an explosion. *Reports of the USSR Academy of Sciences*. 1978, Vol. 239, Iss. 4, pp. 838-841 (in Russian).

25. Danilenko V.V. From the history of the discovery of nanodiamonds synthesis. *Solid State Physics*. 2004, Vol. 46, Iss. 4, pp. 581-584 (in Russian).

26. *R&D Manufacturing Enterprise "SintA" LLC*, official website. URL: <http://nanodiamond.com.ua>.

27. Vereshchagin A.L. *Synthesis and properties of refractory inorganic compounds and phases obtained in the modes of combustion and detonation degassing condensed compositions*. Dissertation for Doctor's degree: Manuscript. Biysk, Biysk Technol. Inst. (branch) of Altai State Tech. Univ., 2004, 248 p. (in Russian).

28. Fadeev V.A. *Diamond grinding of hard metals with the introduction into the cutting zone of DC additional energy*. Dissertation for PhD degree: Manuscript. Kharkov, Kharkov State Polytechnic Univ., 1995, 273 p. (in Russian).

29. Namitokov K.K. *Electroerosion phenomena*. Moscow, Energy, 1978, 456 p. (in Russian).



30. Gevorkyan E.S., Gutsalenko Yu.G. Features and place of electric consolidation by direct action of the AC in the methods of submicron and nanopowder sintering under pressure. *J. of Nat. Tech. Univ. "Kharkov Polytechnic Inst."*, Ser.: Technologies in mechanical engineering. 2010, Iss. 49, pp. 144-161 (in Russian).

31. Gevorkyan E.S., Gutsalenko Yu.G. Genesis of tungsten semicarbide expansion in tools in tungsten-ceramic tool composites under hot pressing with electro-consolidation of mono-carbide-based nanopowders. *J. of Nat. Tech. Univ. "Kharkov Polytechnic Inst."*, Ser.: Technologies in mechanical engineering. 2010, Iss. 53, pp. 19-30 (in Russian).

32. Raiser Yu.P. *Physics of the gas discharge*. Moscow, Science, 1992, 536 p. (in Russian).

33. Woźniakowski A.P., Shumilov F.A., Ibatullina A.H., Shugaley I.V. Ecological problems of obtaining of detonation nanodiamonds. Surface and functionalization. *Ecological Chemistry*. 2012, Vol. 21, Iss. 3, pp. 164-167 (in Russian).

34. Guicciardi S. Composition dependence of mechanical and wear properties of electroconductive ceramics. *Powder Metallurgy*. 1999, Iss. 3-4, pp. 32-41.

35. Bakshin V.K., Kuzmin G.P., Minaev I.M., Rukhadze A. A., Timofeev N.B. Features of sliding discharge along the interface with different dielectric permittivity. *Applied Physics*. 2005, Iss. 6, pp. 54-59 (in Russian).

36. GOST 9206-80. *Diamond powders. Specifications*. Introduced July 1, 1981. Moscow, Publishing House of Standards, 1989, 17 p. (in Russian).

37. DSTU 3292-95. *Synthetic diamond powders. General specifications*. Introduced Jan. 1, 1997. Kiev, Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 1997, 151 p. (in Russian).

38. Ryabkov N.L., Nikitin E.V. Synthetic ultra-dispersed diamonds (UDD) – materials of the XXI century. *Nuclear Future: Security, Economics and Law: VI Int. Student Conf., St.Petersburg, Jan. 31 – Feb. 6, 2003*. Website of Int. Student Conf. "Aurora Polaris", [http://www.polar.mephi.ru/ru/conf/2003/predloj/rjabk\\_tr.htm](http://www.polar.mephi.ru/ru/conf/2003/predloj/rjabk_tr.htm) (in Russian).

39. *Synthetic superhard materials*. In 3 Vols. Ed. Board: Novikov, N. V. (Ed. in Chief), et al. Vol. 1: Synthesis of superhard materials. Kiev, Science Dumka, 1986, 264 p. (in Russian).

40. Galitsky V.N., Kurischuk A.V., Murovsky V.A. *Diamond abrasive tools on metal bonds for hard alloy and steel processing*. Kiev, Science Dumka, 1986, 144 p. (in Russian).

41. Lubarskiy I.M., Palatnik L.S. *Metallophysics of Friction*. Moscow, Mechanical Engineering, 1976, 176 p. (in Russian).

42. Abrao A.M., Aspinwall D.K. The surface integrity of turned and ground hardened bearing steel. *Wear* 196 (1996), pp. 279-284.

43. Brinksmeter E., Brockhoff T. White layers in machining steel. *High steel Machining: 2nd Int. German and French Conf., Darmstadt 1999*, pp. 7-13.

44. Chou Y.K., Evans C.J. White layer and thermal modeling of hard turned surfaces. *Int. J. of Machine Tool & Manufacture* 39 (1999), pp. 1863-1881.



45. Tarel'nik V.B., Matsinkovskiy V.S., Belous A.V., Antoshevskiy B. *New Technology of Repair of Bearing Shaft of Rotors*. URL: [www/triz.sumy.ua](http://www/triz.sumy.ua) (in Russian).

46. Ploshkin V.V. Structure transformations at electroerosion treatment of steels. *Ferrous Metallurgy*. 2005, Iss. 11, pp. 43-48.

47. Zuev L.B., Sosnin O.S., Podboronnikov S.F., Gromov V.E., Gorlova S.N. Curing of fatigue damages of steels due to electric current pulses. *J. of Technical Physics*, Vol.70 (2000), Iss. 3, pp. 24-26.

48. Pogrebnoy N.A., Volkov O.A., Siziyy Yu.A., Gutsalenko Yu.G. Electron microscopic investigation of white layer after thermo-friction processing. *Cutting and tool in technological systems*. Kharkov, NTU "KhPI", 2007, Iss. 72, pp. 126-131 (in Ukrainian).

49. Pogrebnoy N.A., Siziyy Yu.A., Gutsalenko Yu.G., Volkov O.A. Steel strengthened surface layer forming as result of thermo-friction preprocessing and diamond-spark grinding. *7th Int. Conf. "Research and Development in Mechanical Industry" RADMI 2007 16-20 September 2007, Belgrade, Serbia*. Proceedings, pp. 241-245.

50. Siziyy Yu.A., Pogrebnoy N.A., Gutsalenko Yu.G., Volkov O.A. Strengthening by technique of thermo-friction processing of materials. *Bulletin of Kharkov State Agriculture Technical University*, 2004, Iss. 26, pp. 150-156 (in Russian).

51. Pogrebnoy N.A., Volkov O.A., Savitskiy B.A., Gutsalenko Yu.G., Kulik G.G. Research of influence of multipass thermo-friction processing on forming of white layer in Steel 65Г. *Cutting and tool in technological systems*. Kharkov, NTU "KhPI", 2006, Iss. 71, pp. 107-111 (in Russian).

52. Pogrebnoy N.A., Volkov O.A., Siziyy Yu.A., Gutsalenko Yu.G., Kulik G.G. Research of phase composition of 65Г and Y8A steels after strengthening by thermo-friction processing. *High technologies of machine-building*. Kharkov, NTU "KhPI", 2006, Iss. 2 (13), pp. 95-98 (in Ukrainian).

53. Pogrebnoy N.A., Shevchenko S.M., Gutsalenko Yu.G., Ditinenko S.A. Impulse strengthening of steel in processing of diamond-spark grinding. *Cutting and tool in technological systems*. Kharkov, NTU "KhPI", 2005, Iss. 68, pp. 323-327 (in Russian).

54. Gutsalenko Yu.G. Grinding of steels after thermo-frictional preprocessing. *MicroCAD 2008 International Scientific Conference 20-21 March 2008. Section N: Production Engineering and Manufacturing Systems. University of Miskolc (Hungary)*, pp. 79-84.

55. Yascheritsyn P.I. Technological heredity of performance of machinery. *Bulletin of Zhitomir State Technological University*. 2003, Iss. 2 (26), pp. 206-209 (in Ukrainian).

56. Novikov F.V., Novikov G.V., Gutsalenko Yu.G. Efficiency of use of electroerosion diamond grinding. *Physical and mathematical theory of material's processing and mechanical engineering*. In 10 vols. Odessa, ONPU, 2003, Vol. 6, pp. 171-220 (in Russian).

57. Gutsalenko Yu.G. *Diamond-spark grinding of high functionality materials*.



Kharkov, Cursor, NTU “KhPI”, 2016, 272 p. URL: <http://web.kpi.kharkov.ua/cutting/dsghfm-monograph.pdf> (in Russian).

### Chapter 2.

1. De Jong A.-J., Trausel F., Finck C., van Vliet L., Cuypers R. Thermochemical Heat Storage – System Design Issues. *Energy Procedia*. 2014. Vol. 48. P. 309–319. DOI: 10.1016/j.egypro.2014.02.036
2. Al-Alili A., Hwang Yu., Radermacher R. Review of solar thermal air conditioning technologies. *Int. J. Refrigeration*. 2014. Vol. 39. P. 4 – 22. DOI: 10.1016/j.proeps.2015.06.073
3. Scapino L., Zondag H.A., Van Bael J., Diriken J., Rindt C.C.M. Sorption heat storage for long-term low-temperature applications [A review on the advancements at material and prototype scale]. *Applied Energy*, 2017. Vol. 190. P. 920 –948. DOI: 10.1016/j.apenergy.2016.12.148
4. Manyumbua, E., Martin, V., Fransson, T. Simple mathematical modeling and simulation to estimate solar-regeneration of a silica gel bed in a naturally ventilated vertical channel for Harare, Zimbabwe. *Energy Procedia*. 2014. Vol. 57. P. 1733 – 1742 DOI: 10.1016/j.egypro.2014.10.162
5. Freni A., Maggio G., Sapienza A., Frazzica A., Restuccia G., Vasta S. Comparative analysis of promising adsorbent/adsorbate pairs for adsorptive heat pumping, air conditioning and refrigeration. *Applied Thermal Engineering*. 2016. Vol. 104. P. 85 – 95 DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2016.05.036
6. Zondag H., Kikkert B., Smeding S., Boer R. de, Bakker M. Prototype thermochemical heat storage with open reactor system. *Applied Energy*. 2013. Vol. 109. P. 360–365. DOI: 10.1016/j.apenergy.2013.01.082
7. Aristov Yu I. Current progress in adsorption technologies for low-energy buildings. *Future Cities and Environment*. 2015. Vol. 10. P. 1 – 13. DOI: 10.1186/s40984-015-0011-x
8. Cabeza L. F., Solé A., Barreneche C. Review on sorption materials and technologies for heat pumps and thermal energy storage. *Renewable Energy*. 2017. Vol. 110. P. 3 – 39. DOI: 10.1016/j.renene.2016.09.059
9. Sarbu, I., Sebarchievici, C. A Comprehensive Review of Thermal Energy Storage. *Sustainability*. 2018. Vol. 10, P. 191. DOI:10.3390/su10010191
10. Schreiber H., Lanzerath F., Bardow A. Predicting performance of adsorption thermal energy storage: from experiments to validated dynamic models. *Applied Thermal Engineering*. 2018. Vol. 141. P. 548 – 557. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2018.05.094
11. Grekova A.D., Gordeeva L.G., Aristov Y.I. (2017). Composite “LiCl/vermiculite” as advanced water sorbent for thermal energy storage, *Applied Thermal Engineering*, 124, 1401-1408.
12. Nagel T., Beckert S., Lehmann C., Glser R., Kolditz O. (2016). Multi-physical continuum models of thermochemical heat storage and transformation in porous media and powder beds – A review. *Applied Energy*, 178, 323-345. DOI: 10.1016/j.apenergy.2016.06.051
13. Gaeni, M., Zondag, H.A., Rindt, C.C.M. (2016). Effect of kinetics on the



thermal performance of a sorption heat storage reactor, *Applied Thermal Engineering*, 102, 520 – 531 DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2016.03.055

14. Hanzha Y.H., Khymentko A.H. (2012). Teplovoe akkumulyrovanye kak sposob povisheniya enerhetycheskoi efektyvnosti system teplosnabzheniya *Enerhosberezhnye, Enerhetyka, Enerhoaudyt*, 3(97), 16-21. (in Russian)

15. Sukhyu K. M., Belyanovskaya E. A., Kolomiyets, E. V. (2018). *Design and performance of adsorptive transformers of heat energy*. Riga, Latvia: LAP Lambert Academic Publishing, 117 p.

16. Belyanovskaya, E.A., Lytovchenko R.D., Sukhyu K.M., Yeremin O. O., Sukha I. V., Prokopenko E.M. Operating regime of adsorptive heat-moisture regenerators based on composites «silica gel – sodium sulphate» and «silica gel – sodium acetate» // *J. Chem. and Chem. Technology* – 2019. – Vol. 27, № 2. – P. 158 – 168 DOI: 10.15421/081917

### Chapter 3.

1. Данилов-Данильян В.И. Потребление воды: эколог., экон., соц. и полит. аспекты / В.И. Данилов-Данильян, К.С. Лосев; Ин-т водных проблем РАН. – М.: Наука, 2006. – 221 с.

2. СП 30.13330.2016 Внутренний водопровод и канализация зданий СНиП 2.04.01–85 – М.: Минстрой России, 2016. – 93 с.

3. Основные потребители электроэнергии: <http://www.alfar.ru/smart/3/1051/> (дата обращения 04.03.2020).

4. Лезнов Б. С. Частотно-регулируемый электропривод насосных установок. – М.: Машиностроение, 2013. – 176 с.

5. Егоров А. Разработка энергоэффективных схем теплоснабжения. /А. Егоров. //Жилищное и коммунальное хозяйство. – № 2. – 2008. – С. 38–39.

6. Лафазан В. Болевые точки теплоснабжения. /В. Лафазан. //Жилищное и коммунальное хозяйство. – № 7, 2008. – С. 44–46.

7. Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод. – М.: Изд-во Академия, 2004. – 256 с.

8. Гришко Н. К., Усачев А. П. Применение преобразователей частоты в системе автоматизации водопроводных насосных станций // *Водоснабжение и санитарная техника*. 2007. №6. 4.2. С.49–52.

9. Тулендинова А.К. Способы энергосбережения для насосных агрегатов // сборник материалов XVI международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Современные техника и технологии», НИ ТПУ, 1 – 4 июня 2010, С.111–115.

10. Виноградов А.Б., Сибирцев А.Н., Колодин И.Ю.: Автоматизация насосной станции с применением частотно-регулируемого электропривода // *Силовая электроника*. – №2, 2006.

11. Лезнов Б.С., Воробьева Н.П., Воробьев С.В. и др. Окупаемость регулируемого электропривода в насосных установках. // *Водоснабжение и санитарная техника* – №12, ч.2, 2002. С. 14–17.

12. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходувных установках. М.: Энергоатомиздат, 2006. – 359 с.



13. Попков О.З. Основы преобразовательной техники. – М.: Изд-во МЭИ, 2007.

14. Усольцев А.А. Частотное управление асинхронными двигателями/ Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 94 с.

#### Chapter 4.

1. Виды 3D-принтеров и трехмерная печать. Режим доступа - URL: <http://www.techno-guide.ru/informatsionnye-tekhnologii/3d-tekhnologii/vidy-3dprinterov-i-trekhmernoj-pechati.html>;

2. Классификация 3D-принтеров. Режим доступа - URL: <https://geektimes.ru/post/208906>;

3. Технология 3D-печати. Режим доступа - URL: [http://www.ixbt.com/printer/3d/3d\\_tech.shtml](http://www.ixbt.com/printer/3d/3d_tech.shtml);

4. Пат. 2662015 РФ. Печатающая головка для аддитивного производства изделий / Азаров А.В., Голубев М.В., Антонов Ф.К., Хазиев А.Р., патентовласник: ООО "Анизопринт". - № 2017111944, Заявл. 04.10.2017; Оpubл. 07.23.2018., Бюл. № 21.

5. Апілат А.А., Зибайло С.М., Ковальов С.В. Розробка ділянки з виготовлення фасонних будівельних блоків // Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених „Хімія та сучасні технології” (24-26 квітня 2019р., м. Дніпро). – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2019. - Т. ІV. - С. 57.

6. Апілат А.А., Зибайло С.М., Ковальов С.В. Антикорозійний захист обладнання з виготовлення фасонних будівельних блоків //Наукова Україна: Збірник статей V Всеукраїнської наукової конференції студентів 27–28 травня 2019 року. – Дніпро: ТОВ «Акцент ПП», 2019. – С. 384-386.

7. Апілат А.А., Зибайло С.М., Ковальов С.В. Гелькоут – захисне покриття в промисловості виготовлення бистрозбірних блоків // Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених „Хімія та сучасні технології” (24-26 квітня 2019р., м. Дніпро). – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2019. - Т. ІV. - С. 45.

#### Chapter 5.

1. Romanyuk, O.N., Romanyuk, S.O., Pavlov, S.V., Mykhaylov, P.I., Chekhmestuk, R.Y., Perun, I.V. (2010). Using of 3D technologies of people's faces in medical practice. Collection of scientific works of the Second International Scientific and Technical Conference "Information Systems and Technologies in Medicine"

[Vykorystannia tryvymirnoho modeliuvannya zobrazhen oblych liudei u medychnii praktytsi. Zbirnyk naukovykh prats II Mizhnarodnoi NTK «Informatsiini systemy ta tekhnolohii v medytsyni»], Kharkiv, pp. 105-106.

2. Romanyuk, O.N., Chorni, A.V. (2006). Highly productive methods and means of colouring three-dimensional graphic objects. Monograph. [Vysokoproduktyvni metody ta zasoby zafarbovuvannya tryvymirnykh hrafichnykh ob'ektiv. Monohrafiia.], UNIVESUM-Vinnytsia, Vinnytsia, 190 p.





3. Application of modern 3D technologies of Chêneau-type bracing for treating idiopathic scoliosis [Primenenie sovremennykh 3D-tehnologiy korsetirovaniya po tipu Sheno pri lechenie idiopaticheskogo skolioza], online source, available at: <https://skoliose.ru/articles/primenenie-sovremennykh-3d-tehnologiy-korsetirovaniya-po-tipu-sheno-pri-lechenie-idiopaticheskogo-s/>

4. Skrypitsyna, T.N., Spiridonova, Y.Y. (2018). Using photogrammetric data to evaluate morphometric parameters of the human body surface. Space photography. Aerial photography and photogrammetry [Ispol'zovanie fotogrammetricheskikh dannykh dlya ocenki morfometricheskikh parametrov poverhnosti tela cheloveka. Kosmicheskaja s'emka. Ajerofotos'emka I fotogrammetriya,], pp. 507-517.

5. Romanyuk, S.O., Romanyuk, O.N., Chorny, V.M. Using 3D printers in medical practice [Vykorystannia 3D-prynteriv u medychnii praktytsi], in XII Miedzynarodowej naukowii-praktycznej konferencji Naukowa przestrzen Europy-2016, pp. 28–33.

6. Kozhevnikova, M.I., Skrypitsyna, T.N. (2012). Possibilities and peculiarities of the modern stage of application of computer technologies in medicine. Pathogenesis. Vol.10 [Vozmozhnosti i osobennosti sovremennogo etapa primeneniya komp'yuternykh tehnologiy v medicine. Patogenez. T. 10], No. 1, pp. 44–50.

7. Tiahur, T. (2014). Modern methods of diagnostics of scoliosis. Physical training, sport and culture of health in modern society: collection of scientific works [Suchasni metody diahnozyky skoliozu. Fizychni vykhovannia, sport i kultura zdorovia u suchasnomu suspilstvi : zbirnyk naukovykh prats], No. 3(27), pp. 97-104.

8. Cherednyk, O.V., Pain in the back in the region of the spine: epidemiologic meaning of the symptom [Bol' v spine v oblasti pozvonochnika: e'pidemiologicheskoe znachenie simptoma], online source, available at: <https://www.37gp.by>.

### Chapter 6.

1. Преображенский Ю.П. О повышении эффективности работы промышленных предприятий // В сборнике: Исследование инновационного потенциала общества и формирование направлений его стратегического развития. Сборник научных статей 8-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2018. С. 45-48.

2. Максимов И.Б. Принципы формирования автоматизированных рабочих мест // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 130-135.

3. Максимов И.Б. Классификация автоматизированных рабочих мест // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 127-129.

4. Преображенский Ю.П. Проблемы управления в производственных организациях // В сборнике: Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления Материалы XIII международной научно-практической конференции. Под редакцией Ю.В. Вертаковой. 2018. С. 208-211.

5. Львович Я.Е., Львович И.Я., Волкова Н.В. Проблемы построения корпоративных информационных систем на основе web-сервисов // Вестник



Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7. № 6. С. 8-10.

6.Вершинина Г.Н., Дрейзис Ю.И., Бурунин О.А. Анализ эффективности инструментария и средств автоматизации для электронной коммерции // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 2 (25). С. 221-236.

7.Гусева К.Р., Князев В.Н. Разработка и исследование автоматизированной информационной системы предприятия с применением средств моделирования // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 3 (26). С. 28.

8.Львович И.Я., Кравцова Н.Е., Чупринская Ю.Л. Особенности решений для обработки текстовых данных // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 1 (28). С. 89-92.

9.Гостева Н.Н., Гусев А.В. О возможности увеличения эффективности производства // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1 (20). С. 76-78.

10.Комаристый Д.П., Агафонов А.М., Степанчук А.П., Коркин П.С. Использование информационных систем на предприятиях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 2 (21). С. 104-106.

11.Гостева Н.Н., Гусев А.В. Информационные системы в управлении производством // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1 (20). С. 58-60.

12.Воронин В.В., Шаповалов А.В., Пожидаев А.С. Проблемы управления проектами в организациях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2018. № 4 (27). С. 96-98.

13.Самойлова У.А. О некоторых характеристиках управления предприятием // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 176-179.

14.Исакова М.В., Горбенко О.Н. Об особенностях систем управления персоналом // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 168-171.

15.Кострова В.Н., Львович Я.Е., Мосолов О.Н. Оптимизация распределения ресурсов в рамках комплекса общеобразовательных учреждений // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2007. Т. 3. № 8. С. 174-176.

16.Фомина Ю.А., Преображенский Ю.П. Принципы индексации информации в поисковых системах // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 7. С. 98-100.

17.Паневин Р.Ю., Преображенский Ю.П. Структурные и функциональные требования к программному комплексу представления знаний // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 061-064.

18.Цепковская Т.А., Степанчук А.П. Использование информационных технологий в менеджменте // В сборнике: Современные инновации в науке и технике Сборник научных трудов 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Ответственный редактор А.А.



Горохов. 2018. С. 268-271.

19. Кострова В.Н., Цепковская Т.А. Применение технологий автоматизации для повышения эффективности работы компаний // В сборнике: Современные проблемы экономики и менеджмента. Материалы международной научно-практической конференции: выпуск сборника посвящен 100-летию МОТ, 100-летию ВГУ. ФГБОУ ВО "Воронежский государственный университет"; АНОО ВПО "Воронежский институт высоких технологий", Воронежское региональное отделение "Академия труда и занятости". 2017. С. 200-203.

20. Степанчук А.П. Об оптимизации работы предприятия // В сборнике: Молодежь и наука: шаг к успеху. Сборник научных статей 2-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок молодых ученых: в 3 томах. 2018. С. 164-169.

21. Цепковская Т.А., Степанчук А.П. Использование информационных технологий в менеджменте // В сборнике: Современные инновации в науке и технике Сборник научных трудов 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2018. С. 268-271.

22. Степанчук А.П. Об оптимизации процессов выработки управленческих решений // В сборнике: Молодежь и XXI век - 2019 материалы IX Международной молодежной научной конференции. 2019. С. 181-184.

23. Комаристый Д.П., Агафонов А.М., Степанчук А.П., Коркин П.С. Применение новых технологий в производстве // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 2 (21). С. 51-53.

### Chapter 7.

1. Преображенский Ю.П. О повышении эффективности работы промышленных предприятий // В сборнике: Исследование инновационного потенциала общества и формирование направлений его стратегического развития. Сборник научных статей 8-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2018. С. 45-48.

2. Максимов И.Б. Принципы формирования автоматизированных рабочих мест // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 130-135.

3. Максимов И.Б. Классификация автоматизированных рабочих мест // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 127-129.

4. Преображенский Ю.П. Проблемы управления в производственных организациях // В сборнике: Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления Материалы XIII международной научно-практической конференции. Под редакцией Ю.В. Вертаковой. 2018. С. 208-211.

5. Львович Я.Е., Львович И.Я., Волкова Н.В. Проблемы построения корпоративных информационных систем на основе web-сервисов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7. № 6. С. 8-10.

6. Вершинина Г.Н., Дрейзис Ю.И., Бурунин О.А. Анализ эффективности



инструментария и средств автоматизации для электронной коммерции // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 2 (25). С. 221-236.

7. Гусева К.Р., Князев В.Н. Разработка и исследование автоматизированной информационной системы предприятия с применением средств моделирования // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 3 (26). С. 28.

8. Львович И.Я., Кравцова Н.Е., Чупринская Ю.Л. Особенности решений для обработки текстовых данных // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 1 (28). С. 89-92.

9. Гостева Н.Н., Гусев А.В. О возможности увеличения эффективности производства // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1 (20). С. 76-78.

10. Комаристый Д.П., Агафонов А.М., Степанчук А.П., Коркин П.С. Использование информационных систем на предприятиях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 2 (21). С. 104-106.

11. Гостева Н.Н., Гусев А.В. Информационные системы в управлении производством // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1 (20). С. 58-60.

12. Воронин В.В., Шаповалов А.В., Пожидаев А.С. Проблемы управления проектами в организациях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2018. № 4 (27). С. 96-98.

13. Самойлова У.А. О некоторых характеристиках управления предприятием // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 176-179.

14. Исакова М.В., Горбенко О.Н. Об особенностях систем управления персоналом // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 168-171.

15. Кострова В.Н., Львович Я.Е., Мосолов О.Н. Оптимизация распределения ресурсов в рамках комплекса общеобразовательных учреждений // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2007. Т. 3. № 8. С. 174-176.

16. Фомина Ю.А., Преображенский Ю.П. Принципы индексации информации в поисковых системах // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 7. С. 98-100.

17. Паневин Р.Ю., Преображенский Ю.П. Структурные и функциональные требования к программному комплексу представления знаний // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2008. № 3. С. 061-064.

18. Цепковская Т.А., Степанчук А.П. Использование информационных технологий в менеджменте // В сборнике: Современные инновации в науке и технике Сборник научных трудов 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2018. С. 268-271.

19. Кострова В.Н., Цепковская Т.А. Применение технологий автоматизации для повышения эффективности работы компаний // В сборнике: Современные



проблемы экономики и менеджмента. Материалы международной научно-практической конференции : выпуск сборника посвящен 100-летию МОТ, 100-летию ВГУ. ФГБОУ ВО "Воронежский государственный университет"; АНОО ВПО "Воронежский институт высоких технологий", Воронежское региональное отделение "Академия труда и занятости". 2017. С. 200-203.

20. Степанчук А.П. Об оптимизации работы предприятия // В сборнике: Молодежь и наука: шаг к успеху. Сборник научных статей 2-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок молодых ученых: в 3 томах. 2018. С. 164-169.

21. Цепковская Т.А., Степанчук А.П. Использование информационных технологий в менеджменте // В сборнике: Современные инновации в науке и технике Сборник научных трудов 8-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2018. С. 268-271.

22. Степанчук А.П. Об оптимизации процессов выработки управленческих решений // В сборнике: Молодежь и XXI век - 2019 материалы IX Международной молодежной научной конференции. 2019. С. 181-184.

23. Комаристый Д.П., Агафонов А.М., Степанчук А.П., Коркин П.С. Применение новых технологий в производстве // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 2 (21). С. 51-53.

#### Chapter 8.

1. Кожем'яко В. П. Аналіз та перспективи розвитку кодування зображень / В.П. Кожем'яко, В.П. Майданюк, К.М. Жуков.- Вісник ВПІ, 1999, №3.- С.42-48.

2. Майданюк В. П. Методи і засоби комп'ютерних інформаційних технологій. Кодування зображень. навчальний посібник // Вінниця: ВДГУ, 2001. – 63 с.

3. Кожем'яко В. П. Фрактальне стиснення зображень природного походження // Міжнародний науково-технічний журнал "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах" / В. П. Кожем'яко, В. П. Майданюк, К. М. Жуков, Р. Р. Хамді, С. О. Піка. – Хмельницький, 1999, № 2, С. 50 – 54

4. Kozhemiako V. P. Speeding up of fractal image compression/ V. P. Kozhemiako, V. P. Maidanuk, S. Pika, K. M. Zhukov // Proceeding of spie, 2001, vol. 4425, p. 9 – 16.

5. Майданюк В. П. Аспекти оптимізації швидкості фрактального ущільнення зображень / В. П. Майданюк, О. О. Ліщук, Д. С. Король // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. Міжнародний науково-технічний журнал, №1 (33), 2017. – С. 24 – 32.

6. Майданюк В. П., Ліщук О.О. Підвищення швидкості фрактального методу ущільнення зображень за рахунок апроксимації / Proceedings of the eleventh international scientific-practical conference INTERNET-EDUCATION-SCIENCE - 2018, Vinnytsia, 22 - 25 May, 2018. – Vinnytsia: VNTU, 2018. – С. 7-9.

7. Maydaniuk V. P. Increasing the Speed of Fractal Image Compression Using Two-Dimensional Approximating Transformations / V. P. Maydaniuk, I. R.



Arseniuk, O. O. Lishchuk // Journal of Engineering Sciences. – Sumy : Sumy State University, 2019. – Volume 6, Issue 1. – P. E16-E20.

### Chapter 9.

1. Закон Республики Крым № 51-ЗРК «О туристской деятельности в Республике Крым» от 30.07.2014 г.
2. Стратегия социально-экономического развития муниципального образования городской округ Ялта на период до 2030 года. Москва, 2016 г.
3. Правила благоустройства территории муниципального образования городской округ Ялта Республики Крым.
4. Закон Республики Крым № 5-ЗРК «Об особо охраняемых природных территориях Республики Крым» от 10 ноября 2014 года.
5. Закон Республики Крым № 29-ЗРК «О животном мире» от 15 декабря 2014 года.
6. Закон Республики Крым № 50-ЗРК «О растительном мире» от 25 декабря 2014 года.
7. Закон Республики Крым №53-ЗРК «О регулировании водных отношений в Республике Крым» от 21 августа 2014 года.
8. ФЗ № 26-ФЗ «О природных лечебных ресурсах, лечебно-оздоровительных местностях и курортах» от 23 февраля 1995 года.
9. Закон Республики Крым № 65-ЗРК «О Красной книге Республики Крым» от 13 января 2015 года.
10. Закон Республики Крым №68-ЗРК «Об объектах культурного наследия в Республике Крым» от 11 сентября 2014 года.
11. Закон Республики Крым № 76-ЗРК «О курортах, природных лечебных ресурсах и лечебно-оздоровительных местностях Республики Крым» от 28 января 2015 года.
12. Закон Республики Крым № 107-ЗРК «Об организации и обеспечении отдыха детей и их оздоровления в Республике Крым» от 02 июня 2015 года.
13. Закон Республики Крым № 112-ЗРК «О регулировании лесных отношений на территории Республики Крым» 22 июня 2015 года.
14. Кодекс Республики Крым об административных правонарушениях.
15. Нуреев Р.М. Курс микроэкономики: Учебник для вузов. — 2-изд., изм. — М.: Норма, 2005. — 576 с.
16. Министерство курортов и туризма Республики Крым. Ежемесячная справочная информация о количестве туристов, посетивших Республику Крым. URL: <http://mtur.rk.gov.ru/>
17. Все новости. В Ялте нарушители благоустройства в этом году заплатили в три раза больше штрафов, чем в 2016 году 15 сентября, 16:20 <http://yalta-pulse.ru/index.php/36596-v-yalte-narushiteli-blagoustroystva-v-etom-godu-zaplatili-v-tri-raza-bolshe-shtrafov-chem-v-2016-godu>.
18. Социально-экономическая география : учебник для академического бакалавриата / М. М. Голубчик, С. В. Макара, А. М. Носонов, Э. Л. Файбусович. — Москва : Издательство Юрайт, 2015. — 419 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-4520-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт].



—URL: <https://biblio-online.ru/bcode/383883> а также прямая ссылка [https://studme.org/1821071226413/geografiya/rekreatsioonnaya\\_geografiya](https://studme.org/1821071226413/geografiya/rekreatsioonnaya_geografiya) (дата обращения: 03.07.2019);

19. Управление формированием интегрированных санаторно-курортных комплексов в регионе : монография /О.А. Никитина. – СПб. : СПбГИЭУ, 2012. – 290 с.

#### Chapter 10.

1. Karakoc T. H., Atmaca F., Kaba S., Toka S., Isiki B. The quality of internal air in aircraft // АВОК. N 8. 2005.

2. Aviation Emissions and Air Quality Handbook Version 3 Update 1. Federal Aviation Administration Office of Environment and Energy. 2015. – 225 p.

3. Airport Air Quality Manual. Approved by the Secretary General and published under his authority. 2011. –200 p.

4. Jeričević, Amela & Gašparac, Goran. (2016). MODELING & ANALYSIS OF AVIATION EMISSIONS IMPACT ON LOCAL AIR QUALITY. 10.13140/RG.2.2.23096.96001.

5. Oleksandr Zaporozhets, Kateryna Synylo. Modeling of Air Pollution at Airports // October 8th 2018 Reviewed: January 5th 2019 Published: July 6th 2019. DOI: 10.5772/intechopen.84172

6. Samarsky A.A., Mikhailov A.P. Mathematical Modeling: Ideas. Methods Examples. 2nd ed., Rev. - М.: Fizmatlit, 2001. –320 p.

7. Zvonarev S.V. Fundamentals of mathematical modeling: a training manual / S.V. Zvonarev. - Yekaterinburg: Publishing House Ural. University, 2019. –112 p.

8. Umnov A.E. Mathematical modeling methods: Tutorial. - Moscow: MIPT, 2012. – 295 p.

Osadchuk A.V., Osadchuk V.S., Krinochkin R.V., Zvygin O.S, Osadchuk Y.O. Multichannel sniff recognizer and its their concentrations (MSRC-1) // Proceedings of the International Ukrainian-Japanese Conference on Scientific and Industrial Cooperation 24 – 25 October 2013. Odessa. – P.139-141.

#### Chapter 11.

1. Преображенский Ю.П., Паневин Р.Ю. Формулировка и классификация задач оптимального управления производственными объектами // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 5. С. 99-102.

2. Черников С.Ю., Корольков Р.В. Использование системного анализа при управлении организациями // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2014. № 2 (5). С. 16.

3. Самойлова У.А. О некоторых характеристиках управления предприятием // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. №12. С.176-179.

4. Львович И.Я., Воронов А.А., Преображенский Ю.П. Факторы угрозы экономической безопасности государства // Информация и безопасность. 2006. Т. 9. № 1. С. 36-39.

5. Преображенский Ю.П. О повышении эффективности работы промышленных предприятий // В сборнике: Исследование инновационного



потенциала общества и формирование направлений его стратегического развития. Сборник научных статей 8-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2018. С. 45-48.

6.Максимов И.Б. Принципы формирования автоматизированных рабочих мест // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 130-135.

7.Максимов И.Б. Классификация автоматизированных рабочих мест // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 127-129.

8.Преображенский Ю.П. Проблемы управления в производственных организациях // В сборнике: Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления Материалы XIII международной научно-практической конференции. Под редакцией Ю.В. Вертаковой. 2018. С. 208-211.

9.Львович Я.Е., Львович И.Я., Волкова Н.В. Проблемы построения корпоративных информационных систем на основе web-сервисов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7. № 6. С. 8-10.

10.Русанов П.И., Юрочкин А.Г. Особенности работы беспроводных сенсорных сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 4 (31). С. 79-81.

11.Русанов П.И., Юрочкин А.Г. Моделирование беспроводных сенсорных сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 4 (31). С. 19-21.

12.Кострова В.Н., Цепковская Т.А. Проблемы моделирования беспроводных сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 1 (28). С. 61-63.

13.Коростелева Н.А., Комаристая К.О., Кострова В.Н. Особенности формирования автоматизированных систем контроля // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 3 (30). С. 32-34.

14.Клишина О.Ю. Исследование топологий промышленных сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 2 (29). С. 72-74.

15.Степанов Л.В., Кольцов А.С., Паринов А.В., Паринов Д.В., Соловьев Б.А. Практические аспекты применения теории игр к оценке безопасности системы // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 4 (27). С. 46-47.

16.Кунижева Л.А. Математическая модель распространения цепной эпидемии сетевых вирусов на предфрактальном графе // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 4 (27). С. 45-46.

17.Гавришев А.А. Обобщенный вычислительный метод сравнения точности количественных оценок защищенности беспроводных систем безопасности // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 3 (26). С. 35.

18.Семькина Н.А. Прогнозирование последствий распространения вируса в компьютерной сети с помощью базового порогового числа // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 3 (26). С. 36.





19.Оладько В.С. Формализация процедуры аудита подсистемы управления доступом в информационной системе // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 3 (26). С. 37.

20.Вайнштейн И.И., Вайнштейн В.И. Дисперсия числа отказов в моделях процессов восстановления технических и информационных систем. оптимизационные задачи // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 3 (26). С. 38.

21.Сушкин В.В. О нахождении всех недоминируемых максиминных стратегий одного из игроков в бескоалиционной игре двух лиц, моделирующей процесс закупки средств защиты для компьютерной системы // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 3 (26). С. 39.

22.Рогожин А.А., Ледовская М.А., Куропятник Д.Л. Моделирование и оценка эффективности систем бесперебойного электроснабжения объектов органов внутренних дел // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 2 (25). С. 390-401.

23.Минаев В.А., Сычев М.П., Куликов Л.С., Вайц Е.В. Моделирование манипулятивных воздействий в социальных сетях // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 1 (24). С. 494-510.

24.Минаев В.А., Сычев М.П., Куликов Л.С., Вайц Е.В. Моделирование противодействия деструктивному влиянию в социальных сетях // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 1 (24). С. 511-520.

25.Васильев В.И., Шамсутдинов Р.Р. Интеллектуальная система обнаружения сетевых атак на основе механизмов искусственной иммунной системы // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 1 (24). С. 521-535.

26.Васильев В.И., Шамсутдинов Р.Р. Интеллектуальная система анализа инцидентов информационной безопасности (на основе методологии siem-систем с применением механизмов иммунокомпьютинга) // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 1 (24). С. 536-547.

27.Токарев В.Л., Сычугов А.А. Метод аудита защищенности автоматизированных систем // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 1 (24). С. 548-559.

28.Блошкин А.С., Князев В.Н. Разработка системы управления виртуальными машинами для операционной системы специального назначения // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 2 (25). С. 176-185.

29.Гостева Н.Н., Гусев А.В. О возможности увеличения эффективности производства // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1 (20). С. 76-78.

30.Комаристый Д.П., Агафонов А.М., Степанчук А.П., Коркин П.С. Использование информационных систем на предприятиях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 2 (21). С. 104-106.

31.Гостева Н.Н., Гусев А.В. Информационные системы в управлении производством // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017.



№ 1 (20). С. 58-60.

32.Воронин В.В., Шаповалов А.В., Пожидаев А.С. Проблемы управления проектами в организациях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2018. № 4 (27). С. 96-98.

### *Chapter 12.*

1.Преображенский Ю.П., Паневин Р.Ю. Формулировка и классификация задач оптимального управления производственными объектами // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 5. С. 99-102.

2.Черников С.Ю., Корольков Р.В. Использование системного анализа при управлении организациями // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2014. № 2 (5). С. 16.

3.Самойлова У.А. О некоторых характеристиках управления предприятием // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. №12. С.176-179.

4.Львович И.Я., Воронов А.А., Преображенский Ю.П. Факторы угрозы экономической безопасности государства // Информация и безопасность. 2006. Т. 9. № 1. С. 36-39.

5.Преображенский Ю.П. О повышении эффективности работы промышленных предприятий // В сборнике: Исследование инновационного потенциала общества и формирование направлений его стратегического развития. Сборник научных статей 8-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2018. С. 45-48.

6.Максимов И.Б. Принципы формирования автоматизированных рабочих мест // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 130-135.

7.Максимов И.Б. Классификация автоматизированных рабочих мест // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 127-129.

8.Преображенский Ю.П. Проблемы управления в производственных организациях // В сборнике: Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления Материалы XIII международной научно-практической конференции. Под редакцией Ю.В. Вертаковой. 2018. С. 208-211.

9.Львович Я.Е., Львович И.Я., Волкова Н.В. Проблемы построения корпоративных информационных систем на основе web-сервисов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7. № 6. С. 8-10.

10.Русанов П.И., Юрочкин А.Г. Особенности работы беспроводных сенсорных сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 4 (31). С. 79-81.

11.Русанов П.И., Юрочкин А.Г. Моделирование беспроводных сенсорных сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 4 (31). С. 19-21.

12.Кострова В.Н., Цепковская Т.А. Проблемы моделирования беспроводных сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий.



2019. № 1 (28). С. 61-63.

13. Коростелева Н.А., Комаристая К.О., Кострова В.Н. Особенности формирования автоматизированных систем контроля // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 3 (30). С. 32-34.

14. Клишина О.Ю. Исследование топологий промышленных сетей // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 2 (29). С. 72-74.

15. Степанов Л.В., Кольцов А.С., Паринов А.В., Паринов Д.В., Соловьев Б.А. Практические аспекты применения теории игр к оценке безопасности системы // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 4 (27). С. 46-47.

16. Кунижева Л.А. Математическая модель распространения цепной эпидемии сетевых вирусов на предфрактальном графе // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 4 (27). С. 45-46.

17. Гавришев А.А. Обобщенный вычислительный метод сравнения точности количественных оценок защищенности беспроводных систем безопасности // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 3 (26). С. 35.

18. Семькина Н.А. Прогнозирование последствий распространения вируса в компьютерной сети с помощью базового порогового числа // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 3 (26). С. 36.

19. Оладько В.С. Формализация процедуры аудита подсистемы управления доступом в информационной системе // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 3 (26). С. 37.

20. Вайнштейн И.И., Вайнштейн В.И. Дисперсия числа отказов в моделях процессов восстановления технических и информационных систем. оптимизационные задачи // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 3 (26). С. 38.

21. Сушкин В.В. О нахождении всех недоминируемых максиминных стратегий одного из игроков в бескоалиционной игре двух лиц, моделирующей процесс закупки средств защиты для компьютерной системы // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 3 (26). С. 39.

22. Рогожин А.А., Ледовская М.А., Куропятник Д.Л. Моделирование и оценка эффективности систем бесперебойного электроснабжения объектов органов внутренних дел // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 2 (25). С. 390-401.

23. Минаев В.А., Сычев М.П., Куликов Л.С., Вайц Е.В. Моделирование манипулятивных воздействий в социальных сетях // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 1 (24). С. 494-510.

24. Минаев В.А., Сычев М.П., Куликов Л.С., Вайц Е.В. Моделирование противодействия деструктивному влиянию в социальных сетях // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 1 (24). С. 511-520.

25. Васильев В.И., Шамсутдинов Р.Р. Интеллектуальная система обнаружения сетевых атак на основе механизмов искусственной иммунной системы // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019.



Т. 7. № 1 (24). С. 521-535.

26. Васильев В.И., Шамсутдинов Р.Р. Интеллектуальная система анализа инцидентов информационной безопасности (на основе методологии siem-систем с применением механизмов иммунокомпьютинга) // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 1 (24). С. 536-547.

27. Токарев В.Л., Сычугов А.А. Метод аудита защищенности автоматизированных систем // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 1 (24). С. 548-559.

28. Блошкин А.С., Князев В.Н. Разработка системы управления виртуальными машинами для операционной системы специального назначения // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 2 (25). С. 176-185.

29. Гостева Н.Н., Гусев А.В. О возможности увеличения эффективности производства // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1 (20). С. 76-78.

30. Комаристый Д.П., Агафонов А.М., Степанчук А.П., Коркин П.С. Использование информационных систем на предприятиях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 2 (21). С. 104-106.

31. Гостева Н.Н., Гусев А.В. Информационные системы в управлении производством // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1 (20). С. 58-60.

32. Воронин В.В., Шаповалов А.В., Пожидаев А.С. Проблемы управления проектами в организациях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2018. № 4 (27). С. 96-98.

### Chapter 13.

1. <https://ru.slovoidilo.ua/2017/07/05/infografika/obshhestvo/gorodskie-legendy-ukrainy.-ekologicheskaya-situaciya-mariupole>.

2. Лямзін, А. О. Зелена логістика як механізм забезпечення екологічної безпеки міських транспортних систем [Електронний ресурс] = Green logistics as a mechanism for environmental security of urban transport systems / А. О. Лямзін, Гмиря О.В. // International periodic scientific journal worldjournal. – 2019. – N 2, pt. 1. – P. 32–36

3. Міжнародна конвенція про спрощення і гармонізацію митних процедур (Киотська конвенція) від 19 травня 1973 року // Митна енциклопедія : у 2 т. / І. Г. Бережнюк (відп. ред.) та ін.. – Хм. : ПП Мельник А. А., 2013. – Т. 2 : М. – Я. – 536 с.

4. Khara M., Lyamzin A. Influence of the system of material flows on the environment of industrial areas // Technology audit and production reserves. 2019. N 4/3 (48). P. 12–19.

5. Лейпцизька Хартія «Міста Європи на шляху сталого розвитку» : прийнята з нагоди неформальної зустрічі міністрів з питань міського розвитку і територіальної єдності, проведеної в м. Лейпцизі 24–25 травня 2007 року.

6. Чевганова В., Григор'єва О. Європейський досвід інтегрованого розвитку міст. Економіка і регіон. 2017. № 5. С. 10 –14.



SCIENTIFIC EDITION

MONOGRAPH  
**WISSENSCHAFT FÜR DEN MODERNEN MENSCHEN**  
TECHNIK UND TECHNOLOGIE, INFORMATIK, SICHERHEIT

BOOK 1. PART 1

*Authors:*

Alyabyev V.N. (3), Anashkina M.V. (9), Apilat A.A. (4), Arseniuk I.R. (8), Belyanovskaya E.A. (2), Biryulin V.I. (3), Chekhmestruk R.Y. (5), Chernyshev A.S. (3), Choporov O.N. (6, 11), Gorlov A.N. (3), Gutsalenko Y.G. (1), Khara M.B. (13), Koenig E.B. (10), Kudelina D.V. (3), Larin O.M. (3), Lvovich I.Y. (6, 11), Lvovich Y.E. (7, 12), Lyamzin A.B. (13), Lytovchenko R.D. (2), Maidaniuk V.P. (8), Malysenko K.A. (9), Malysenko V.A. (9), Osadchuk A.V. (10), Osadchuk I.A. (10), Mykhaylov P.I. (5), Perun I.V. (5), Preobrazhenskiy A.P. (6, 7, 11, 12), Preobrazhenskiy Y.P. (7, 12), Prokopenko E.M. (2), Romanyuk O.N. (5), Romanyuk O.V. (5), Shadi M S Hilles (8), Sukhyy K.M. (2), Sukhyy M.P. (2), Yeromin O.O. (2), Zybaylo S.N. (4)

The scientific achievements of the authors of the monograph were also reviewed and recommended for publication at the international scientific symposium  
**«WISSENSCHAFT FÜR DEN MODERNEN MENSCHEN /  
SCIENCE FOR MODERN HUMAN»**  
(March 30-31, 2020)

The monograph is included in  
*International scientometric databases*

Format 60x84 / 16. Service sheet 11.39  
Circulation 500 copies. Order No. simp-ua14.  
Signed to print: 03/25/2020



Published:  
*NetAkhatAV*  
*Lußstr 13,*

*Karlsruhe, Germany*

e-mail: [orgcom@sworld.education](mailto:orgcom@sworld.education)  
[www.sworld.education](http://www.sworld.education)

Publisher is not responsible for accuracy  
information and scientific results presented in the monograph

ISBN 978-3-982178-30-1



9 783982 178301



