



RS Global

ISSN 2413-1032



WORLD SCIENCE

Multidisciplinary Scientific Edition



RS Global

WORLD SCIENCE

№ 3(55)
Vol.1, March 2020

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

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

Publisher –
RS Global Sp. z O.O.,

Warsaw, Poland

Numer KRS: 0000672864
REGON: 367026200
NIP: 5213776394

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

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

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

CHIEF EDITOR

Laputyn Roman PhD in transport systems, Associate Professor, Department of Transport Systems and Road Safety, National Transport University, Ukraine

EDITORIAL BOARD:

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

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

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

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

Alkhawaldeh Abdullah Professor in Financial Philosophy, Hashemite University, Jordan

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Peshcherov Georgy Professor, Moscow State Regional University, Russia

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

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

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

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

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

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

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

Tatarintseva Nina Professor, Southern Federal University, Russia

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Nyyazbekova Kulanda Candidate of pedagogical sciences, Kazakhstan

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

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

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

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

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

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

CONTENTS

ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

Andrii Bubela

THE METHODOLOGICAL BASIS OF DETERMINING THE OPERATION CONDITION
OF A ROAD FOR ITS TECHNICAL EXPERTISE..... 4

Olena Usichenko, Alina Kvatadze

ROAD-CLIMATE ZONING FOR WATER-THERMAL MODE REGULATION IN
TRANSPORT STRUCTURES..... 8

Скороходова А. В., Родик Я. С., Даниленко Е. Л.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ РЕКРЕАЦИОННО-
ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ В УКРАИНЕ..... 13

ENGINEERING SCIENCES

Нода О. М., Загора О. В., Рязанова О. Ю.

РОЗРОБКА ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТУРИ ТКАНИНИ 17

Tatiana Lysenko, Yuriy Morozov, Kyryll Kreitser, Evgeny Kozishkurt

USING THE SPH METHOD FOR MODELING THE CRYSTALLIZATION PROCESS
OF ALUMINUM ALLOYS..... 26

COMPUTER SCIENCE

Салимов Вагиф Гасан оглы

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ НА ОСНОВЕ
Z-ЧИСЕЛ В СИСТЕМАХ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ..... 34

ECOLOGY

Савчук Є. В.

НОВІ НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У
СУДНОБУДУВАННІ..... 40

ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

THE METHODOLOGICAL BASIS OF DETERMINING THE OPERATION CONDITION OF A ROAD FOR ITS TECHNICAL EXPERTISE

PhD, Associate Professor, **Andrii Bubela**

Ukraine, Kyiv, National Transport University;
Department of Transport Construction and Property Management

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31032020/6965

ARTICLE INFO

Received: 14 January 2020
Accepted: 10 March 2020
Published: 31 March 2020

KEYWORDS

highway,
operational condition,
expert method,
monetary valuation.

ABSTRACT

Carrying out a technical examination of a cost estimate of a section of a highway is based on its certain technical and functional state. Different methods are used to establish the operational state. The expert method is the simplest, most affordable and, with strict adherence to the technique, provides high reliability. The essence of this method is the subjective consideration of situations from which one or more optimal ones should be selected.

Citation: Andrii Bubela. (2020) The Methodological Basis of Determining the Operation Condition of a Road for Its Technical Expertise. *World Science*. 3(55), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal_ws/31032020/6965

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

Introduction. There is now a real need for an instrument through which the road industry can be assessed. The existing methods of assessment of buildings and structures practically do not have practical methods for solving this problem [1]. The assessment of the object of transport construction requires the conversion of the qualitative state of the object into a quantitative estimate. This qualitative assessment is based on the Qualimetry, the field of science, including the notion of quality indicators [2].

The main objective of the road condition assessment is to determine the range of groups and levels of state indicators for a certain period of time. For example, the road model that is being operated can be presented at three levels in two groups of indicators: Road maintenance and construction, drainage and landscaping (Fig.1).

Various methods are used to establish operational condition: Experimental, numerical and expert [2]. Of the three methods for determining the state of the assessment object, experimental and numerical is reliable. In most practical cases, it is not possible to fully use the above-mentioned methods in monetary valuation due to a number of objective circumstances. Therefore, an expert method has been widely used to carry out this procedure. The expert method is based on the analysis of the opinions of highly qualified experts.

The expert method is the simplest, most accessible and with strict adherence to the methodology provides high reliability. The essence of this method consists in subjective consideration of situations from which one or more optimal should be chosen. The higher the qualification of experts, the higher the reliability of the evaluation.

The reliability of the results obtained is greatly enhanced if the assessment of the state of the object is based on the opinions of some highly qualified experts. The processing of the results of the

group examination provides a reasonable solution. On the basis of the method of expert evaluation it is possible to define the nomenclature of indicators; to set weightlessness factors; to certify the state of the object; to determine the best options of alternative solutions.

Level				
0	1	2		
K_k	Performance indicators	P_{14}	Evenness	B_1 P_1
			Roughness	B_2 P_2
			Solidity	B_3 P_3
			Width of the carriageway	B_4 P_4
			Cross slope	B_5 P_5
	Road construction, water drainage, landscaping	P_{15}	Road marking	B_6 P_6
			Fencing	B_7 P_7
			Road signs	B_8 P_8
			Stopping, landing sites and car pavilions	B_9 P_9
			Landscaping	B_{10} P_{10}
			Construction of surface drainage	B_{11} P_{11}
			Water pipes	B_{12} P_{12}
			Regulated structures	B_{13} P_{13}

Fig. 1. The qualitative property model of the state is qualitative: K_k – is a complex indicator of the state of the evaluation object, P_i is the value of the i -th indicator of the qualitative state of the evaluation object, and B_i is a level factor of the weight of the property.

The most common in the expert evaluation is the ranking method, in which the state of the object is assessed by a number of properties that are located in the order of their advantage $N_1 > N_2 > N_3, K, N_n$. The assessment of each of them is based on the expected dependence expert $K_i = f(N_i, b_i)$. If the indicator N_i is better than the N_{i+1} indicator, it is awarded the highest rank (degree). As a result of the pair comparison, it is possible to make the best series of properties.

The method of direct evaluation is used when comparing a number of properties and when quantifying absolute indicators in a given interval. Based on the object status indicators, a certain interval of numerical values is set, which must be evaluated. In this case, the expert should be a highly qualified specialist in this field, specifically in road construction. Otherwise, there may be significant errors in the expertise. For example, the condition of the road surface should be assessed according to the measure of cracks. Objective evaluation by this method is possible only when the expert clearly represents the physical essence, causes of cracks, as well as the influence of their sizes, shapes and places of their concentration, conditions of work of the covering and road construction as a whole.

Thus, all methods of expert evaluation are based on the superiority of one property over another. In more complex cases of evaluation, elements of the theory of quantitative measurements should be applied – to quantify how much one property is more important than another.

The credibility of the expert assessment depends on the number of experts. In this connection, the task arises of selecting a minimum number of specialists, which provide the greatest objectivity and reliability of evaluation at the minimum cost of examination. The selection of experts depends on their qualifications. Thus, when evaluating the same products of specialists with a higher degree of argumentation, it is necessary about 3 times less than with a low one.

Research results. In view of these difficulties, the method of first-hand evaluation can be simplified, and the quantitative evaluation by absolute criterion can be replaced by the absolute criterion. The scale of qualitative assessments allows to take into account all degrees of difference. The value range of this property is set to the equivalent number of points 1 ... n. The accuracy of the quantitative evaluation of experts is set. The method of direct scoring is very convenient and should be further widely used in determining the cost of road transport facilities, taking into account their technical level and operational condition.

The most common problem that arises in expert evaluation is the determination of weighting factors. One of the methods that are often used to calculate the weighting of a particular property is the

cost, which is based on the assumption that there is a proportional relationship between the weight of the property and the value [3]. However, when determining the condition of the road surface, for example, it is very difficult to distribute the cost of increasing separately only equity, roughness, durability, since during repairs these properties are improved simultaneously.

As a result of expert interviews, for example by questionnaire method, each of them receives the initial data (assessment) in the table (table 1). In addition, the average estimate by experts of general middle classes determines the group weight coefficients for each property of the object. The coefficient of the i -th property of this group is determined by the formula:

$$B'_i = \frac{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^m N_{ij}}{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n N_{ij}} \quad (1)$$

where N_{ij} – i -th property, is evaluated j -th; m – number of parameters in the group; n – number of experts.

Each group must comply with the terms and conditions: $\sum_{i=1}^m B'_i = 1$.

After a similar determination of the weighting factors for each group (Figure 1, Table 1), the level factors of each property are calculated. For example, the importance of property 1, the road surface plane, the complex assessment of the road area is calculated for level 0 (Fig. 1) as $B_1 = B'_{14} \cdot B'_1$, and the weight of the properties 9 (stop, landing sites and car pavilions) – $B_9 = B'_{15} \cdot B'_9$ and etc. for another properties. The results of the calculation of the weighty level factors are presented in Table 1, it is necessary to observe the conditions: $\sum B_i = 1$ и $B_i < B'_i$.

Table 1. Determination of weightlessness factors according to expert's estimates

Object properties	Assessment of experts					Average estimate	Sum of average estimates	The group weight factor of the property	The weighting factor of the indicator	The level factor of the property weight
	1	2	3	4	5					
1	80	75	70	100	80	81	343	0,24	0,58	0,14
2	90	80	80	75	80	81		0,24		0,14
3	100	90	95	100	95	96		0,28		0,16
4	45	50	45	55	50	49		0,14		0,08
5	40	45	40	30	25	36		0,10		0,06
6	100	100	100	100	100	100	408	0,25	0,42	0,10
7	80	80	80	85	85	82		0,20		0,08
8	85	80	80	80	85	82		0,20		0,08
9	40	35	45	40	40	40		0,10		0,04
10	50	40	40	35	40	41		0,10		0,04
11	20	20	20	20	25	21		0,05		0,02
12	20	20	20	25	20	21		0,05		0,02
13	15	25	25	20	20	21		0,05		0,02

Based on the results obtained, you can define a weighted average complex indicator:

$$K_k = \sum_{i=1}^m P_i \cdot B_i. \quad (2)$$

where P_i – the value of the i -th indicator of the qualitative state of the object of evaluation, B_i – the level factor of the property weight.

The mathematical model of the state of the road will look like this:

$$K_k = 0,14(P_1 + P_2) + 0,16P_3 + 0,08P_4 + 0,06P_5 + 0,1P_6 + 0,08(P_7 + P_8) + 0,04(P_9 + P_{10}) + 0,02(P_{11} + P_{12} + P_{13}). \quad (3)$$

Some of the quality indicators are visually identified [2], others by appropriate measurements. The value of the valuation of the road section is adjusted by a coefficient.

Conclusions. The method of expert evaluation is now particularly relevant. This is due to the desire to take into account as many factors as possible affecting the operational condition of the road, in particular, the water-thermal regime. The validity and ease of practical use of this method allows to minimize the risks in errors of experts in carrying out technical expertise, provided that they are taken into account the average assessment.

REFERENCES

1. Property valuation practice / Critical analysis of the property valuation regulatory framework (Edited by Marcus I. I.). - K: Ukrainian Investment Newspaper LLC, 2010. Vol. № 3. - 274 p.
2. Sidenko V.M. Standardization and quality control in road construction. / V.M. Sidenko - Kiev: High School. Publishing house near Kiev. Univ., 1985. 256 p.
3. Sidenko V.M. Quality management in road construction. / V.M. Sydenko, S.Yu. Rokas - M.: Transport. 1981 - 252 p.

ROAD-CLIMATE ZONING FOR WATER-THERMAL MODE REGULATION IN TRANSPORT STRUCTURES

¹Associate Professor **Olena Usichenko**

²**Alina Kvatadze**

¹Ukraine, Kyiv, National Transport University,

Professor of Transport Construction and Property Management Department;

²Ukraine, Kyiv, State Road Agency of Ukraine,

Senior Specialist of the Department Intelligent Transport Systems

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31032020/6966

ARTICLE INFO

Received: 17 January 2020

Accepted: 20 March 2020

Published: 31 March 2020

KEYWORDS

Wet-thermal regime,
road-climate zone,
cluster analysis of indicators.

ABSTRACT

The article considers the problems of road-climatic zoning of the territory of Ukraine. The shortcomings of the existing system and the need to update and improve it were justified. The purpose of work was formed and realized taking into account modern approaches to meteorological data processing and segmentation methods. The study is based on long-term observations of weather conditions throughout the country. Using the moisture-thermal regime calculation and analytical system, the collected static meteorological information was processed and tables of the initial data for further analytical processing were obtained. The paper describes the methodology of cluster analysis using as the main tool for the typification of territories and the allocation of morphologically homogeneous humid areas. The result of the work was the elaboration of a road and climatic zoning map under the wetting conditions of the road subgrade working layer.

Citation: Olena Usichenko, Alina Kvatadze. (2020) Road-Climate Zoning for Water-Thermal Mode Regulation in Transport Structures. *World Science*. 3(55), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal_ws/31032020/6966

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

Introduction. The need to improve road-climatic zoning and to develop recommendations on the application of climatic characteristics and climatic zoning of the territory of Ukraine for road construction is due to the fact that these issues were developed back in 70-80 years of the last century using data on climatic conditions throughout the territory of the former USSR. Global climate change (warming) on the planet has changed the amount of atmospheric humidity. As a consequence, the elements of the road structure are subject to increased precipitation effects, which leads to a change of the whole structure water-thermal regime (WTR). Moistening of the road structure is the main cause of destruction and deformation. Approaches to the design of WTR regulation structures should vary according to the external influences intensity. Drainage systems designing requires to updating, methodological regulation, taking into account the modern meteorological information, and obtaining special meteorological values databases that are estimated value in road construction elements designing procedure.

The problems of the recent years changes climatic factors influence on the road construction based on meteorological data of the Lithuanian Hydrometeorological Service (LHS) were reflected in the climatic zoning of the Republic of Lithuania territory in [1, 2]. The grouping of precipitation by their level using statistical methods and based on cluster analysis for the Poland temperate climate is presented in [3].

The important role of clustering as a convenient and accurate method for data segmentation and analytics has been analyzed in [4]. According to the cluster analysis algorithm, using a map of different spatial data sets and software capabilities, a map with selected homogeneous hydrological zones was constructed [5].

Research results. Currently, the valid regulatory document setting the climatic parameters for the design of civic, industrial buildings and structures, heating, ventilation, air conditioning, water supply, in the planning and construction of urban and rural settlements is DSTU-N B V.1.1-27:2010. The available data are insufficient for road-climatic zoning, as only average rainfall values are provided for regions. However, soil and hydrological conditions and freezing depth are not taken into account, although it is one of the most important climatic indicators in road climatology. In view of the above, the purpose of the study was formulated: to develop a map of road and climatic zoning of the Ukraine territory under conditions of wetting with atmospheric precipitation on the basis of climate zoning methods.

Zoning is a complex process as it takes into account not only the elements of climate, hydrology and soil conditions. Road-climatic zoning of the Ukraine territory is enshrined in DBN B.2.3-4 2015 "Highways" and differentiates the norms of transport structures designing and construction. According to landscape-geographical zoning, soil-hydrologic and wetting conditions, as well as experience of road operation, the territory of Ukraine is divided into four climatic zones: northern, central, southern and mountainous. It should be noted that the existing road-climate zoning reflects only the general dependence of road design and construction on climate and most other natural conditions, and is therefore schematic. In the process of road designing, it is important not to limit the general characteristics of the climatic conditions obtained by assigning the area of the route to the relevant zone, but to study with sufficient detail the climate elements according to the data of local meteorological stations.

In order to improve the normative support and to form the meteorological characteristics databases for WTR regulation structure design needs the methods of meteorological information processing, existing meteorological data were analyzed and generalized, the analysis and estimation of the statistical meteorological information required volume were carried out. On the basis of the analysis, the collection of statistical meteorological information for ten years at thirty-eight meteorological stations of Ukraine was performed, and the obtained meteorological data sets were analyzed. Using the available calculation and analytical system, the statistical processing of the obtained arrays of meteorological information was performed. In the process of developing a methodology of climatic characteristics application for the construction needs, the shortcomings of the calculation and analytical system (WTR) used for statistical processing of meteorological information were identified. The calculation apparatus was brought to the required level and the information base was updated.

Results and Discussion. Road-climatic zoning takes into account not only the natural and climatic characteristic, but also the features of road construction and maintenance. The basis of road-climatic zoning should be based on the distribution of heat and moisture - the wet-thermal regime of the terrain.

Based on collected data from meteorological stations (Askaniya-Nova, Berdyansk, Bila Tserkva, Bolhrad, Vinnytsya, Dnipropetrovsk, Donetsk, Druzhba, Zhytomyr, Zaporizhia, Kerch, Kyiv, Kirovohrad, Kovel, Lubny, Luhansk, Lutsk, Lviv, Melitopol, Mykolayiv, Mizhhirya, Ovruch, Odesa, Pervomaysk, Poltava, Pryluky, Rivne, Simferopol, Sumy, Ternopil, Uzhhorod, Uman, Kharkiv, Kherson, Khmelnytskyi, Cherkasy, Chernivtsi, Chernihiv) climatological characteristics of precipitation, snow cover and air temperature were analyzed, tables of data on average and extreme values were calculated and formed. By means of the calculation and analytical system "WTR" graphs of temperature course for a ten-year period and periods of wet-thermal regime of road construction have been developed. The snippet of the program window is shown in Fig. 1.

РІК РОЗРАХУНКУ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ПОЧАТОК ВЕСНЯНОГО РОЗРАХУНКОВОГО ПЕРІОДУ - Перехід через 0	ПОЧАТОК ОСІНЬОГО РОЗРАХУНКОВОГО ПЕРІОДУ - перехід температури через +10	ПОЧАТОК ЗИМОВОГО РОЗРАХУНКОВОГО ПЕРІОДУ - перехід через -5	Період замерзання , доба	ПОЧАТОК ЛІТНЬОГО РОЗРАХУНКОВОГО ПЕРІОДУ - Кінець розмерзання
2006	-8,2	-8,0	-1,7	8,4	13,7	18,0	20,1	19,2	14,6	8,6	2,1	1,7	18.03.2006	10.10.2006	01.01.2006	76	26.04.2006
2007	0,7	-6,5	5,4	7,5	17,0	19,7	20,2	20,7	13,8	8,5	-0,1	-0,9	01.03.2007	08.10.2007	09.02.2007	20	22.03.2007
2008	-3,7	-0,5	3,6	10,3	17,0	19,7	20,2	20,7	13,8	8,5	-0,1	-0,9	-	09.10.2008	-	0	15.04.2008
2009	-4,5	-3,0	1,3	9,6	14,1	19,2	20,6	17,8	16,2	7,8	4,0	-4,6	-	07.10.2009	-	0	15.04.2009
2010	-11,0	-4,4	-0,5	9,1	17,1	21,1	24,3	23,4	13,9	5,4	6,3	-5,3	16.03.2010	28.09.2010	17.12.2009	89	21.04.2010
2011	-3,7	-7,8	-0,5	9,0	15,8	20,2	21,4	18,5	14,0	6,6	1,7	1,3	17.03.2011	02.10.2011	14.12.2010	93	23.04.2011
2012	-5,1	-11,9	1,2	10,6	17,4	18,5	22,2	19,2	14,7	8,8	4,0	-5,9	13.03.2012	12.10.2012	15.01.2012	58	20.04.2012
2013	-5,5	-1,4	-3,0	9,1	18,4	21,1	19,8	18,9	12,4	8,6	5,8	-1,0	21.03.2013	05.10.2013	13.12.2012	98	20.04.2013
2014	-6,2	-1,4	5,8	9,6	16,7	17,4	21,5	19,8	13,6	5,5	1,2	-2,7	21.03.2014	28.09.2014	09.01.2014	71	09.04.2014
2015	-1,4	-1,4	4,3	8,4	15,1	19,1	19,8	20,5	16,4	5,3	3,6	1,2	-	03.10.2015	-	0	15.04.2015

Fig. 1. The results of the WTR periods calculation

The tables of rainfall intensity and depth of soil freezing estimated values for different zones of the road base were calculated and formed on the basis of the obtained data, (Fig. 2).

														m_{cp}	6,5714			
														MAXy				
№пп	Рік	m_{cp}	$T_{\delta}, \text{XB.}$	$S, \text{мм}$	t_f	f	d, мбар	Ранг			Flag			P_{δ}			$T_{\delta(cP)}, \text{XB.}$	
		середня кількість дощів	сумарна тривалість опадів, хв.	сумарна кількість опадів за період	температур а поверхні грунту	відносна вологість повітря	Дефіцит вологісті повітря											465,6
																5		
1	2006	13	1392	53,7	3,25	78,25	1,42552	7	1	1	1	1	1	90,54	10,94	10,94	95	
2	2007	6	432	13,4	4	69,7	1,98546	3	5	5	1	1	1	36,49	73,44	73,44	d0, мбар	
3	2008						0	0	0	0	0	0	0				5	2,3915
4	2009						0	0	0	0	0	0	0				95	1,3949
5	2010	5	336	7,6	2,3	75	1,63901	6	6	6	1	1	1	77,03	89,06	89,06	$T_{\delta}, \text{XB.}$	
6	2011	8	1008	19,2	4	67,8	2,10996	2	2	4	1	1	1	22,97	26,56	57,81	5	1380,3
7	2012	11	912	36	3,3	73,7	1,72371	5	3	2	1	1	1	63,51	42,19	26,56	95	171,69
8	2013	3	576	22,9	1,3	70,3	1,94773	4	4	3	1	1	1	50	57,81	42,19	$S, \text{мм}$	
9	2014	0	0	0	9	63	2,42093	1	0	0	1	0	0	9,459			5	50,317
10	2015						0	0	0	0	0	0	0				95	0,6164

Fig. 2. Calculation of precipitation regime of 5% security.

The results obtained were used for the climatic zoning of the Ukraine territory. Namely, a cluster analysis tree was built based on the following indicators: average rainfall 5% security (mm), average monthly temperature in July and average monthly temperature in January. Thus, the necessary climate parameters used in the project practice are covered.

Considering convenience and testing of clustering [4, 5], for building a cluster tree the software complex STATISTICA was used to construct the cluster tree. This software is intended for comprehensive statistical analysis. The STATISTICA package implements procedures for data analysis, data management, data retrieval and visualization. It implements the classic methods of cluster analysis, including k-means, hierarchical clustering, and two-input joins. The data can come in the original form as well as in the form of a matrix of distances between objects. Observations and variables can be clustered using different distance measures (Euclidean, Euclidean square, Manhattan, Chebyshev, etc.) and different clustering rules (single, complete, unweighted and weighted pairwise, group average, etc.).

In the case of road-climatic zoning, hierarchical clustering was used. At first, tree diagrams may seem a bit confusing, but after some study they become more understandable. The chart starts from the top (for a vertical dendrogram) with each weather station in its own cluster. When moving down, the weather stations that "closely touch each other" unite and form clusters. Each chart assembly shown in Figure 3, represents a combination of two or more clusters, the position of the nodes on the vertical axis determines the distance at which the corresponding clusters were combined.

As a result of the construction of a cluster analysis tree according to the indicators of average rainfall intensity 5% – the territory of Ukraine was divided into 3 groups. In group A with the highest average precipitation intensity 5% (13-15 mm) – Uman, Priluki, Poltava, Melitopol, Kovel, Chernivtsi, Ternopil, Rivne, Lutsk, Chernigov, Ovruch, Lubny, Sumy, Druzhba.

Group B united such meteorological stations as Pervomaysk, Zaporizhia, Melitopol, Simferopol, Kerch, Bolgrad, Kherson, Askania-Nova, Dnepr, Lviv. The average intensity of precipitation according to their data is from 10 to 12 mm.

The group C includes meteorological stations on a low level of average intensity of precipitation (6-10 mm), as Uzhgorod, Odessa, Nikolaev, Kirovograd, Kharkov, Lugansk, Donetsk, Kiev, Vinnitsa, Khmelnytsky, Zhitomir and White Church.

38 stations of Ukraine were also selected for clustering according to the indices of specific excess moisture entering the drainage structure. The analysis was performed in eight-dimensional space. The main types of regions were identified (Fig. 5).

The results obtained in the STATISTICA software were entered as the source data in the GIS MapInfo software for building a road-climate map. As a result, the above-mentioned indicator was divided into 5 zones, which are not evenly distributed. Their number varies depending on the geographical location of the area (Fig. 6).

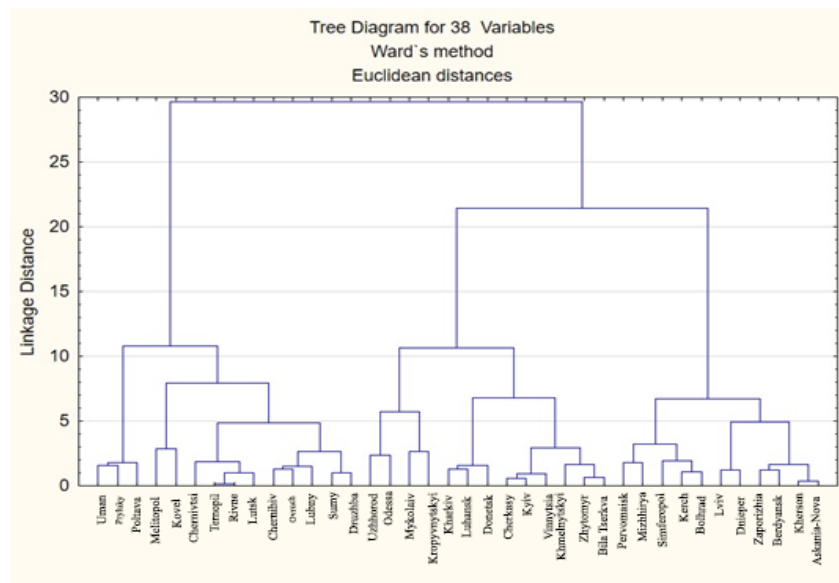


Fig. 3. Cluster tree with average rainfall intensity of 5% security.



Fig. 4. Map of road-climatic zoning of the Ukraine territory by average rainfall indicators

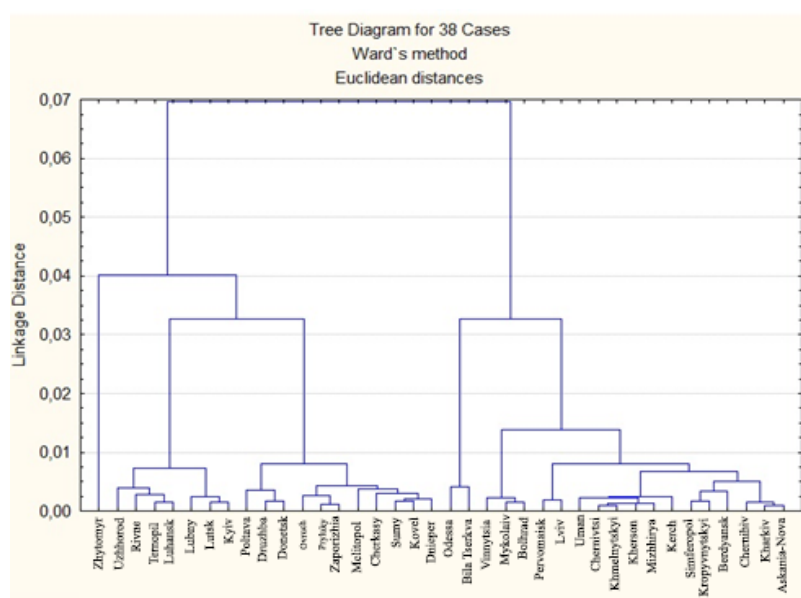


Fig. 5. Cluster tree in terms of specific excess water entering the drainage structure.

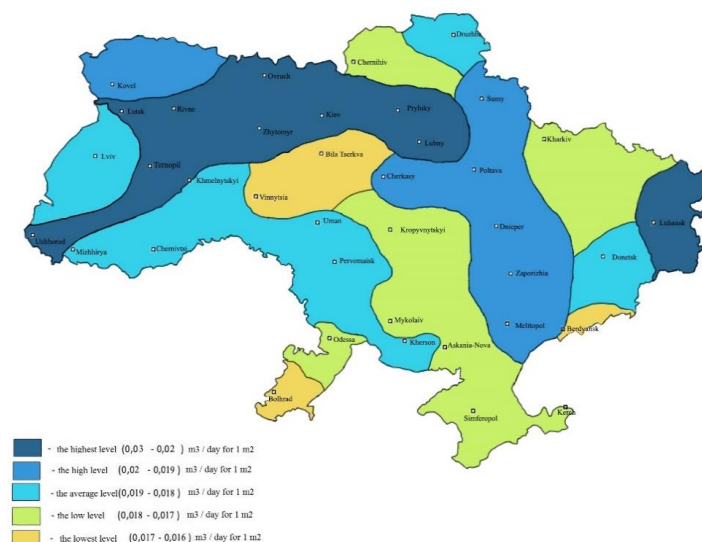


Fig. 6. Map of road-climatic zoning of the Ukraine territory by the specific excess water entering the drainage structure values

Conclusions. Cluster analysis refers to statistical and modeling software systems. Statistical packages have advanced cluster analysis modules to use geographic information to divide objects into groups.

Clustering of territorial units is used for the tipization of the territory and modeling of system-forming connections. On the basis of cluster analysis on the value of specific excess of water entering the drainage structure, a map of road-climatic zoning of the territory of Ukraine was developed in the basis of road clothes. According to the signs of moisture entering the drainage of the shallow construction of the road construction, the territory of Ukraine is divided into 5 zones. On the map of zoning, zones with different levels of total specific excess of water (infiltration and defrosting, from the lowest to the highest level) are allocated. The distribution of zones takes into account both the geographical position of the terrain, and the features of infiltration of atmospheric precipitation, the depth of soil frozen and moisture accumulation in road structures of all technical categories.

On the basis of the result of the work performed – statistical processing and execution of complex calculations, the "Directory of climatic characteristics and climatic zoning of the territory of Ukraine for the regulation of water-heat regime in road construction" was developed. Work is now under way to develop an electronic database of indicators and to develop an improved accounting and analytical system. The purpose of further work is to simplify the use of the obtained indicators and automate the process of designing regulatory structures.

REFERENCES

1. Juknevičiūtė-Žilinskienė, Lina; Juknevičiūtė-Žilinskienė, Lina (2010) (Lietuvos klimato įtakos kelių tiesybai vertinimo metodika ir klimatinis rajonavimas) Methodology for the Evaluation of the Effect of the Climate of Lithuania on Road Construction and Climatic Regioning; eLABa – Lithuanian Academic Electronic Library. URL: <https://vb.vgtu.lt/object/elaba:1990887/>
2. Alfredas Laurinavicius, Lina Juknevičiūtė-Žilinskienė (2011) Eleven years of rwis operation in Lithuania: possibilities for the use of the data collected the 8th International Conference May 19–20, 2011, Vilnius, Lithuania Selected papers. Vilnius Gediminas Technical University. URL: https://www.researchgate.net/profile/Alfredas_Laurinavicius2/publication/267951476_Eleven_years_of_rwis_operation_in_Lithuania_Possibilities_for_the_use_of_the_data_collected/links/54f440390cf299c8d9e6671f.pdf
3. Agnieszka Cupak, Agnieszka Ziarnicka-Wojtaszek, Joanna Kruzel, Krzysztof Jóźwiakowski, Andrzej Wałęga, Antoni Grzywna, Andrzej Bochniak, Radomir Obroślak, Andrzej Mazur and Artur Serafin (2019) The use of hierarchical cluster analysis for grouping atmospheric precipitation in Poland. The First International Scientific Conference on Ecological and Environmental Engineering 2018 Volume 86, Issue E3S Web Conf. p.8. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20198600018>
4. Mahfuz, Nurshazwani Muhammad; Yusoff, Marina; Ahmad, Zakiah (2019) Review of single clustering methods IAES International Journal of Artificial Intelligence; Yogyakarta Volume 8, Issue 3, (Sep 2019): 221-227. URL: <https://search.proquest.com/openview/6873420c01fed9342ad183704c842ff7/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1686339>
5. I.I. Pivovarov (2019) Cluster analysis for structuring spatial data. International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET) Volume 10, Issue 02, February 2019, pp. 1085-1109 URL: <http://www.iaeme.com/ijmet/issues.asp?JType=IJMET&VType=10&IType=2>
6. DSTU-N B.1.1-27:2010 Building climate science

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ РЕКРЕАЦИОННО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ В УКРАИНЕ

Скороходова А. В., Харьковский национальный университет строительства и архитектуры; доцент; кандидат архитектуры; Украина

Родик Я. С., Харьковский национальный университет строительства и архитектуры; доцент; кандидат архитектуры; Украина

Даниленко Е. Л., Харьковский национальный университет строительства и архитектуры; доцент; кандидат архитектуры; Украина

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31032020/6967

ARTICLE INFO

Received: 15 January 2020

Accepted: 12 March 2020

Published: 31 March 2020

KEYWORDS

recreational and health complexes, architectural environment, rehabilitation, architectural and planning design solutions.

ABSTRACT

The main factors affecting the formation of recreational and health complexes in Ukraine are identified in the article. Importance of unique recreational potential of Ukraine and establishment of recreational and health rehabilitation facilities is proved. The research indicates that modern recreational and health complex is a synergy of natural potential, the latest rehabilitation and medical technologies, professionalism of employees and uniqueness of architectural solutions. The significance of architectural solutions goes beyond aesthetic perception and comfort. Architecture of these objects significantly affects the person's physical health due to elaborate location of the building, its area-based planning and design of facades and interiors. Proposals for optimal placement of recreational and health complexes and their volume-spatial and functional planning solutions can be developed only as a result of analysis of economic, social, climatic and urban factors.

Citation: Скороходова А. В., Родик Я. С., Даниленко Е. Л. (2020) Factors Influencing the Formation of Recreational and Health Complexes in Ukraine. *World Science*. 3(55), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal_ws/31032020/6967

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

Введение. Положительные изменения социально-экономической обстановке в Украине, постепенное улучшение социального уровня населения усиливают потребность общества в отдыхе, оздоровлении и заботе о своем здоровье. Назрела необходимость в оптимизации деятельности рекреационных и здравоохранительных объектов в стране с целью повышения качества услуг оздоровления, реабилитации и восстановительного лечения для населения.

Правительство Украины наметило масштабные планы по улучшению фонда объектов здравоохранения и строительству новых медицинских, реабилитационных и рекреационно-оздоровительных объектов в стране. Сегодня новыми приоритетными направлениями государственной социальной политики Украины стала профилактическая медицина, нацеленная на укрепление здоровья граждан, повышение доступности и качества медицинской помощи, развитие первичной медицинской помощи, возрождение профилактического направления в здравоохранении и обеспечение населения высокотехнологичной оздоровительной помощью. [1]

Законодательная база в сфере здравоохранения обновляется, ведь сегодня современное общество предъявляет высокие требования к медицинским и оздоровительным объектам. Однако сами здания учреждений здравоохранения и курортно-санаторного лечения остались прежними и в большинстве случаев не соответствуют современным требованиям. В то же время в международной практике именно восстановительная медицина признана одним из приоритетных направлений развития здравоохранения. [2] Особое место в этой системе занимает рекреационно-

оздоровительная помощь, спецификой которой является оказание услуг по восстановлению здоровья на основе преимущественного применения природных лечебных факторов. В современном понимании рекреационно-оздоровительное учреждение предназначено для расширенного воспроизводства физических, интеллектуальных и эмоциональных сил человека.

Результаты исследования. Под рекреацией (лат. *rescreatio* – восстановление) понимается комплекс оздоровительных мероприятий, осуществляемых с целью восстановления нормального самочувствия и работоспособности здорового, но утомлённого человека. Как элемент социальной сферы, рекреация способствует не только сохранению здоровья и рабочей способности, но отдыху и удовлетворению культурно-просветительных потребностей человека.[3] Это многосложный процесс, который осуществляется, в самом общем виде, в следующих формах: оздоровительного отдыха, туризма, курортно-санаторного лечения. Одним из путей удовлетворения потребностей населения в оздоровлении и отдыхе является формирование рекреационных-оздоровительных комплексов.

В зависимости от функционального назначения, уровня специализации и преимущественного развития того или иного рекреационного потенциала, выделяют различные типы рекреационно-оздоровительных объектов:

- санаторно-курортный (по функциональным особенностям предназначается для санаторно-курортного лечения и включает в себя специализированные санаторно-лечебные однопрофильные и многопрофильные учреждения);

- реабилитационный (по функциональным особенностям предназначается для медицинской и социальной реабилитации людей с инвалидностью, восстановления после медицинского вмешательства и травм, включает в себя специализированные многофункциональные объекты);

- туристско-оздоровительный (предназначается для различных видов туризма и отдыха, основными предприятиями этого комплекса являются дома отдыха, туристские гостиницы, базы, лагеря);

- оздоровительный – охотничье-рыболовный (по функциональному назначению служит для организации спортивной охоты и рыбной ловли, его основные учреждения);

- комплексный (включает в себя все или несколько видов рекреационной и оздоровительной деятельности и соответствующих ей учреждений обслуживания). [4]

Теория и практика планирования и реализации рекреационно-оздоровительных объектов охватывает широкий комплекс социальных, функциональных, санитарно-гигиенических, технико-экономических и архитектурно-композиционных задач, которые взаимосвязаны со строительством новых и реконструкцией существующих объектов здравоохранения. [5]

Один из важнейших факторов, влияющих на строительство и архитектуру рекреационно-оздоровительных учреждений, – политическое и экономическое состояние страны. Реальное улучшение экономической ситуации и сферы здравоохранения в Украине за последние годы способствует развитию рекреационно-оздоровительных комплексов, реанимации существующей материально-технической базы объектов здравоохранения и разработки актуальных природоохранных мероприятий.

Немало важным является то, что рекреационно-туристическая индустрия является привлекательным инструментом для экономического развития многих стран. На сегодняшний день рекреационно-оздоровительный бизнес может стать для Украины важной сферой развития внутренней экономики, способной приносить доход, определять занятость населения и активно пополнять бюджет.

Существенным фактором, непосредственно, влияющим на формирование рекреационно-оздоровительных объектов, является демографическая ситуация в стране. К ней относятся ретроспективные показатели численности населения всей страны, семейный состав, характеристика населения по состоянию здоровья и способности к самообслуживанию, динамика рождаемости, заболеваемости и смертности. [6] При всей важности экономических и социальных факторов, для формирования и развития рекреационно-оздоровительных комплексов, главное место занимают благоприятные природно-климатические условия. Именно они являются одной из основных материальных предпосылок рекреации и оздоровления.

Украина имеет большой рекреационный потенциал. По совокупности природно-климатических составляющих самыми благоприятными территориями Украины являются Крым и регионы Карпатских гор, так же интересными с точки зрения рекреационно-

туристических возможностей представляются районы берегов Азовского моря, Закарпатья, Волыни и Полтавщины. [7] Украина обладает всеми необходимыми условиями для развития рекреационно-оздоровительного бизнеса: уникальными природно-ландшафтными и историко-культурными объектами.

Размещение рекреационно-оздоровительных комплексов зависит от местных природных ресурсов и ландшафта территории. Природно-климатические особенности места строительства оказывают существенное влияние на архитектуру. К природным воздействиям в первую очередь относятся: температурный, влажностный и ветровой режимы и т.д. Для обеспечения благоприятных экологических условий при строительстве необходимо учитывать ландшафт, инсоляционный режим, температурные показатели, господствующее направление ветров, что позволит оптимально располагать оздоровительные объекты, вспомогательные и жилые здания. Эти условия должны учитываться уже на уровне разработки генерального плана рекреационно-оздоровительных объектов.

Вовлечение в рекреационное использование ранее не тронутых благоприятных сочетаний природных ресурсов может стать не только исходной базой экономического развития новых территорий, но и существенно повлиять на специализацию давно сложившихся территорий. Наряду со своеобразной, неповторимой природой большой интерес для рекреации представляют памятники истории, культуры и архитектуры. В качестве рекреационных ресурсов целесообразно рассматривать и этнографические особенности населения Украины, обладающего самобытной духовной культурой.

Важно понимать, что даже при высокой привлекательности природных ресурсов без наличия коммуникаций, средств связи, коммунальной и транспортной инфраструктуры, памятников культуры и искусства развитие рекреации и туризма невозможно. Здесь важным является связь рекреационно-оздоровительных объектов с существующей инфраструктурой и размещением в сложившейся урбанизированной среде.

К градостроительным факторам проектирования рекреационно-оздоровительных комплексов относятся: место нахождения, пропорции и величина участка строительства, архитектура окружающей застройки, градостроительные ориентиры, функциональная насыщенность, специфика природного ландшафта. [8] Основным планировочным мероприятием по охране природы является функциональное зонирование территории, при котором ее отдельные участки нужно отводить под различные виды использования в соответствии с их природными особенностями (плодородные земли, ценные ландшафты, земли удобные под строительство, и т.д.).

Только в результате анализа экономических, социальных, природно-климатических и градостроительных факторов могут быть разработаны предложения по оптимальному размещению рекреационно-оздоровительных комплексов и их объемно-пространственные и функционально-планировочные решения.

Украина может развить свою экономику и туризм, улучшить сферу здравоохранения путем разработки и строительства уникальных архитектурно-планировочных проектов многофункциональных рекреационно-оздоровительных комплексов, обладающих всеми современными требованиями по комфорту и удобствам.

Выводы. Три важнейших социальных фактора — труд, здоровье и отдых населения. Они определяют круг конкретных задач: строительство учреждений, обеспечивающих отдых, лечение и оздоровление населения. На сегодняшний день Украина нуждается в новых современных объектах здравоохранения и раскрытии своего уникального рекреационного потенциала. Рекреационный потенциал Украины — это единая система природно-климатических, лечебно-оздоровительных и социально-культурных подсистем, характеризующихся функциональной взаимосвязанностью и территориальной целостностью, которая будет развиваться, и совершенствоваться благодаря созданию рекреационно-оздоровительных объектов.

Современный рекреационно-оздоровительный комплекс — это синергия природного потенциала, новейших реабилитационных и медицинских технологий, профессионализма сотрудников и неповторимости архитектурных решений. Значимость последних выходит за рамки эстетического восприятия и комфорта. Благодаря продуманному месту расположения здания, его объемно-планировочному решению, дизайну фасадов и интерьеров архитектура этих объектов существенно влияет на физическое состояние и здоровье человека.

При проектировании рекреационно-медицинских объектов необходимо использовать принципы эколого-средового подхода, учитывать региональные особенности демографии и природно-климатических условий, градостроительные и архитектурные особенности, экономическое и санитарно-техническое состояния региона строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. МОЗ України: Що було, є і буде. - 62 с. <https://moz.gov.ua/moz-ukrainy-scho-bylo-e-i-bude>.
2. Klein. R. Why Britain is reorganizing its national health service - yet again. - 1998. - *Health Affairs (Millwood)*, 17(4): 111-25.
3. Рекреационный комплекс // Энциклопедия Экономиста [сайт]. URL: <http://www.grandars.ru/shkola/geografiya/rekreacionnye-resursy.html>
4. Альмухамедова О.А., Чубко Ю.В. Рекреационный комплекс: типы, задачи и условия формирования // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 7-2. – С. 150-152; URL: <http://www.toptechnologies.ru/ru/article/view?id=34459>
5. Marmor. T.R. Hope and hyperbole: the rhetoric and reality of managerial reform in health care. - 1998. - *Journal of Health Services Research and Policy*, 3(1).
6. Чисельність населення // Державна служба статистика України. Статистична інформація. Демографічна та соціальна статистика. Населення та міграція. <http://www.ukrstat.gov.ua>.
7. Вековая циклическая изменчивость основных природных экологических факторов на юго-востоке Украины / И. Д.Соколов, Е. Д. Долгих, Е. И. Соколова, О. А. Мостовой // Экологическая безопасность: проблемы и пути решения : Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Харьков, УкрНИИЭП, 2008. – С. 98 – 102.
8. Rood. A.B. The impact of organizational and managerial factors on the quality of care in health care organizations. - 1994. - *Medical Care Research and Review*.

ENGINEERING SCIENCES

РОЗРОБКА ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МЕТОДУ
ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТУРИ ТКАНИНИ

Аспірант *Нода О. М.*,
К.т.н, доцент *Загора О. В.*,
К.т.н, доцент *Рязанова О. Ю.*,
Україна, м. Херсон, Херсонський національно технічний університет

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31032020/6968

ARTICLE INFO

Received: 16 January 2020

Accepted: 11 March 2020

Published: 31 March 2020

KEYWORDS

fabric texture,
texture elements,
texture coefficient,
zones of black and white transitions,
instrumental method.

ABSTRACT

Modern consumers attach increasing importance to tactile sensations and the general perception of the surface of fabrics, therefore, the study of the structure and properties of woven textures is an urgent task of textile production. In textile technologies, organoleptic research methods are used mainly, which give a subjective visual and tactile assessment of the surface of the tissues. Therefore, there was a need to develop an instrumental method for determining the texture of fabrics, which was implemented on the basis of the existing method for studying the texture of hard surfaces. It is based on the idea of creating a constant mode of illumination of the object of observation, which is a tissue sample. The proposed method is based on the use of a special optical device for determining the qualitative and quantitative characteristics of textures and is a viewing chamber containing a mechanism for changing the lighting mode and a mechanism for capturing tissue images. For an objective assessment of the state of the surface of the tissues, the invoice indicator is calculated – the invoice coefficient. The implementation of the developed method allows to increase the efficiency of the processes of design-design of fabrics, to predict the appearance of fabrics and to ensure compliance with the texture of the fabric of the model of the garment.

Citation: Нода О. М., Загора О. В., Рязанова О. Ю. (2020) Rozrobka Instrumentalnoho Metodu Doslidzhennia Faktury Tkanyny. *World Science*. 3(55), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal_ws/31032020/6968

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

Вступ. Психофізіологічний вплив будови поверхонь будь яких предметів відіграє важливу роль у переосмисленні дійсності та оцінці оточуючих людину структур, як найбільш суттєве та звичне для сприйняття явище [1]. Взаємозв'язок фактури поверхні та людини науковці в основному досліджують у контексті візуальної естетики об'єктів дизайну [2,3]. При цьому тактильні відчуття від характеру поверхні мають першочергове значення для людини, так як є джерелом інформації про властивості предметів і керівництвом для планування, направлення і виконання власних дій [4]. У своєму повсякденному житті людина більше всього стикається з текстилем та з відчуттям текстильних поверхонь. Текстильні вироби не тільки задовольняють утилітарні потреби людини, але й являються засобом задоволення естетичних вимог, які проявляються в дизайні одягу, інтер'єру тощо [5]. З текстильних виробів найбільший вплив має тканина, як один з основних матеріалів з яких виготовляють одяг. Тому сучасні споживачі все більшого значення надають тактильним відчуттям та загальному сприйняттю поверхні тканин, яка обумовлена їх фактурою.

Фактура поверхні тканин характеризується різноманітними фактурними елементами [6], які представляють собою різного виду і розміру опуклості та нерівності рельєфу, що утворені

основними і утовковими перекриттями переплетень, виступаючими ворсинками, дизайнерськими ефектами з волокон і ниток та навіть дефектами різного походження (сировинними, прядильними, ткацькими). Такі характерні особливості тканиної поверхні оптично та тактильно сприяють специфічному сприйняттю текстильного виробу [7], що впливає на фізичний і психофізіологічний стан людини, емоції, уподобання, на основі чого в решті решт формуються маркетингові рішення. Тому вивчення будови і властивостей фактур тканин, дослідження закономірностей утворення і взаємовпливу фактурних елементів є необхідною умовою ефективності провадження процесів проектування тканин, їх художнього оформлення, розробки оптимальних технологічних параметрів ткацтва, досягнення вдалої відповідності матеріалу і моделі швейного виробу, що сприяє розширенню асортименту текстильних виробів та забезпеченню вимог споживачів.

Виготовлення текстильних виробів, які відповідають високим вимогам сучасних споживачів, неможливо без комплексного підходу до забезпечення гармонійного поєднання структури текстильного матеріалу і її зовнішнього прояву – фактури. В цьому сенсі постає необхідність у визначенні кількісних і якісних показників фактур тканин, методи оцінки яких на сьогоднішній день реалізують, в основному, суб'єктивний органолептичний підхід. Тому постає задача розробки інструментального методу дослідження фактур текстильних матеріалів для отримання об'єктивної оцінки фактурної поверхні, що дозволить отримувати кількісні показники фактур, якими можна оперувати у процесах дизайн-проекування тканин.

У технологіях ткацького виробництва знання про види і способи отримання необхідної фактури текстильних полотен, що лежать в основі художнього оформлення текстильних виробів, базуються на технологічних засобах проектування нових структур тканин, до яких належать колір і чергування ниток основи і утку [8], сировинний склад і структура ниток, вид переплетення, параметри ткацтва [9]. Кожен технологічний засіб реалізується сукупністю методів, що поєднуються певними регулятивними принципами та використовують основні положення теорії проектування тканин [10]. В основі кожного методу покладено те, що за своєю природою фактура тканин є набором відносно простих структур, що повторюються за деяким специфічним законом, тобто укрупнено фактуру тканини розглядають як текстуру, де елементарними частинами є перекриття ниток основи та утку, а законом – переплетення [11].

На сьогоднішній день, коли виникає необхідність оцінки характеру фактурної поверхні тканини, в основному використовуються органолептичні методи дослідження за допомогою зорових і тактильних аналізаторів, в результаті чого відображення величини і розташування елементарних фактурних елементів текстильної поверхні створює у сукупності суб'єктивне враження про фактуру в цілому [12]. До певного часу такий суб'єктивний підхід задовольняв дослідників і відповідав етапу розвитку текстильного виробництва. Органолептичні методи дослідження фактури тканин [13,14] застосовувались при вивченні впливу зміни основних параметрів заправки ткацького верстата та виду переплетення в комбінації з кольором ниток на художнє оформлення і зовнішній вигляд тканин нового асортименту, що при такому підході викликає напрацювання великої кількості дослідних зразків і підвищує трудоемність процесу проектування тканин.

Певний сенс має органолептична оцінка фактури текстилю за допомогою зорового сприйняття при аналізі впливу особливостей колористичного вирішення на дизайн текстильних виробів [15,16]. Але, як правило, такий підхід використовується при необхідності підкреслення виразності текстильних об'єктів шляхом нанесення на тканину зовнішніх фактурних елементів, які створюються з інших текстильних матеріалів. При цьому треба зазначити, що у всіх випадках візуального дослідження отримані результати залежать від оптичних умов проведення експерименту і носять описовий характер [12].

Дослідження фактури тканин за допомогою тактильного сприйняття проводяться на основі взаємодії шкіри людини з поверхнею тканини і залежать від анатомічної особливості людини сприймати будову поверхні на дотик [17]. Дана методика може виконуватися декількома способами [12], які представляють собою тактильний аналіз поверхні тканини пальцями однієї або обох рук при дотиках і рухах різного напрямлення, зминанні, стисканні, погладжуванні, складанні або розтягуванні зразка тканини. Але зрозуміло, що на результат дослідження в значній мірі впливають психофізіологічні особливості людини і при цьому не враховується вплив кольорових ефектів в тканинах на створення суцільного враження про фактуру поверхні. У наукових виданнях представлені також інноваційні розробки для визначення фактури тканин за допомогою штучного

інтелекту та віртуальної реальності [18-23]. Але почуття дотику виявилось досить складним для аналізу і відтворення, що гальмує роботу в цьому напрямку.

Інструментальні методи дослідження фактур в основному розроблені для оцінювання поверхні текстильних виробів, які пройшли певні види опорядження і художнього оформлення. Основним з них є мікроскопічний метод [24], принцип дії якого заснований на аналізі поверхні збільшеного зображення тканини, що дозволяє визначити характер її фактури за наступними даними: взаємне розташування основних і уткових перекриттів, товщина ниток, наявність і характер ворсу, сполучення кольору ниток та ін. Даний метод має недоліки, які пов'язані з двовимірним зображенням поверхні тканини та наявністю різного рівня і напрямку освітлення під час проведення експерименту.

Для того, щоб уникнути зазначених недоліків, розроблений інструментальний метод дослідження фактур, в якому забезпечується сталість інтенсивності і напрямку світлового потоку за рахунок використання спеціальної камери [25-26]. Автор досліджує якісні та кількісні характеристики фактур, такі як зони світлотіньових переходів, геометрія профілю нерівностей, але дослідження проводилось на різноманітних поверхнях, які мають тверду незмінну структуру, таких як метал, пластик тощо. Останнім часом з'явилися спроби опосередкованого оцінювання фактури тканини за допомогою методів, які досліджують характер рельєфу текстильної поверхні або показники її шорсткості [27]. У даних методах використовується чутливий елемент, який переміщується по поверхні матеріалу і зчитує його нерівності. Але на даний час такі методи не знайшли широкого застосування, так як контакт між сенсором і поверхнею матеріалу змінює лінію його рельєфу, що знижує точність отриманих результатів.

Таким чином, аналіз наукової літератури довів необхідність і доцільність продовження роботи у напрямку досліджень фактури текстильних матеріалів з метою створення інструментальних методів визначення показників фактури та застосування цих показників у процесах проектування тканин та прогнозування їх властивостей.

Результати досліджень. Відомий метод визначення фактури поверхні матеріалів, таких як метал, дерево, пластик, скло тощо [25,26], зразки яких розміщуються у спеціальній камері для виключення впливу на них навколишнього освітлення. Основний принцип дослідження фактури поверхонь матеріалів полягає у статистичній обробці результатів опитувань респондентів, які спостерігають об'єкт дослідження у камері та надають суб'єктивну оцінку фактурній поверхні матеріалу у вигляді порівняльних характеристик нерівностей поверхні [26]. Даний метод має значну органолептичну складову, що є його основним недоліком. Аналіз етапів проведення дослідження фактур матеріалів за допомогою даного методу дозволив зробити висновок про можливість його використання для дослідження фактур тканин, але при умові суттєвих змін. За основу була взята ідея усунення впливу зовнішнього освітлення і створення однакових умов проведення експерименту у вигляді сталого режиму освітлення об'єкту спостереження, в якості якого виступає зразок тканини.

Ця ідея реалізована науковцями кафедри експертизи, технології і дизайну текстилю Херсонського національного технічного університету, якими розроблено інструментальний метод дослідження фактур тканин. Даний метод базується на використанні спеціального оптичного пристрою для визначення якісних і кількісних характеристик фактур, який представляє собою оглядову камеру у вигляді прямокутного паралелепіпеду, що містить наступні механізми: механізм зміни режиму освітлення та механізм фіксації зображення тканини. Принципова схема оптичного пристрою для визначення характеристик фактур представлена на рис. 1.

Механізм зміни режиму освітлення представляє собою планку 3 з пазом, в якому розміщено джерело світла 2 (світлодіод). Положення джерела світла регулюється таким чином, щоб забезпечити необхідний кут нахилу променя світла до площини зразка тканини. Планка 3 встановлена вертикально на бічній стороні оглядової камери 5 та дає можливість переміщувати джерело світла, змінюючи відстань від зразка тканини 4, в результаті чого змінюється кут падіння світлового потоку на поверхню зразка. Зразок тканини розташовується горизонтально внизу камери навпроти механізму фіксації зображення тканини, який складається з оглядового вікна 6 та встановленої в ньому фотокамери 1, що здійснює фронтальне спостереження та фіксує освітлену поверхню тканини.

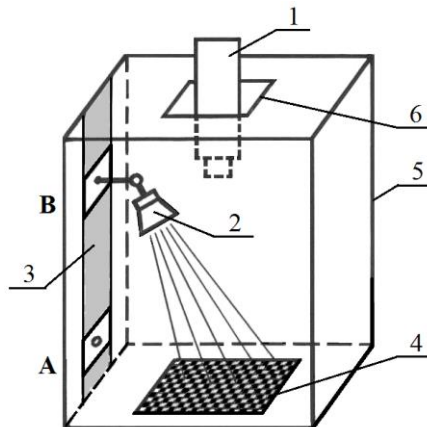


Рис. 1. Схема оптичного пристрою

В основу роботи покладений наступний принцип: світловий потік з відповідною довжиною хвилі та інтенсивністю, що створюється у закритому просторі, на який не впливає оточуюче змінне освітлення, падає на поверхню зразка тканини під певним кутом, а потім відбивається від поверхні зразка тканини, визначаючи ділянки різного об'єму та блиску. Фактура тканини як тривимірна форма сприймається завдяки градаціям і переходам від більш освітлених ділянок до менш освітлених.

Дослідження фактури текстильних матеріалів в оглядовій камері являє собою комбінацію прийомів і способів для визначення величини мінімальних елементів фактури поверхні та щільності їх розташування. В якості елементів фактури виступають одиночні основні або утокові перекриття, основні або утокові прокидки і застили різної форми, дрібні елементи складного рисунку переплетення, дизайнерські ефекти на поверхні тканини у вигляді петель, ворсу, букле тощо, а також нерівності поверхні, утворені в опоряджувальному виробництві. При цьому на ступінь прояву елементів фактури впливає художньо-колеристичне оформлення тканини [8, 13], яке може візуально їх підкреслювати або об'єднувати. Для оцінки елементів фактури отримують зображення тканини при різній відстані від джерела світла, що впливає на характер відбиття світла від поверхні, створюючи різні світлотіньові зони в залежності від особливостей фактури тканин [28].

Дослідження фактур тканин, як правило, проводиться при двох положеннях джерела світла (рис. 1): А – на відстані 40 мм (якісна оцінка фактури) та В – 180 мм (кількісна оцінка фактури) від зразка тканини.

При положенні джерела світла на відстані 40 мм від зразка визначаються якісні характеристики фактури. Падіння косих пучків спрямованого насиченого світлового потоку утворює виражені зони світлотіньових переходів, що виникають при різному відбитті або поглинанні світлового потоку від виступаючих елементів фактур і з'являються світлотіньові градації (світло, тінь, відблиск, півтон) [19, 29], які детально окреслюють елементи фактури. Оцінка зон світлотіньових переходів дозволяє визначити ступінь прояву фактури на поверхні тканини (рис. 2). Якщо на зображенні зразка тканини виокремлюються всі зони світлотіньових градацій, обов'язково з відблиском, то тканина має слабо виражену фактуру (рис. 2, а) і таку тканину часто називають «нефактурною тканиною». Тканини з вираженою фактурою характеризуються контрастними зонами «світло-тінь» (рис. 2, б і рис. 2, в).

При положенні джерела світла на відстані 180 мм від зразка, коли кут падіння променю світла збільшується, утворюється максимальне відбиття світлового потоку, насиченість освітлення зменшується і елементи фактури сприймаються як плоскі зображення, що дозволяє оцінювати їх кількісні характеристики, а саме реальні розміри, кількість та щільність розташування. На зображенні зразка відмічають елементарну ділянку площею $S_f = L_f \times B_f$, на якій будуть оцінювати розміри нерівностей (рис. 3). Площа цієї ділянки залежить від розмірів елементів фактури: чим більші фактурні елементи, тим більше розмір ділянки. В умовах даного експерименту доцільно обирати елементарну ділянку розміром 5 x 5 см, що встановлено експериментальним шляхом. В межах обраної елементарної ділянки визначають форму, довжину, ширину та взаємне розташування елементів фактури (рис. 4). Площа елементів фактури розраховується через середнє значення їх довжини ℓ та ширини b за відомими формулами геометрії.

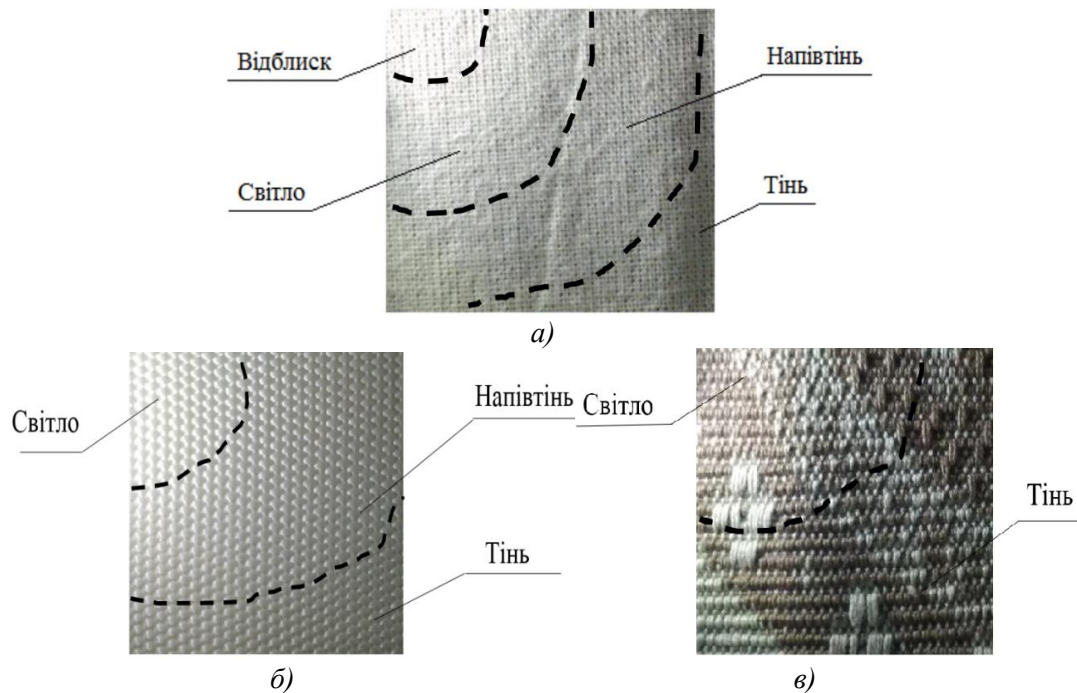


Рис. 2. Зони світлотіньових переходів на поверхні тканин:
а) нефактурна тканина; б, в) тканини вираженої фактури

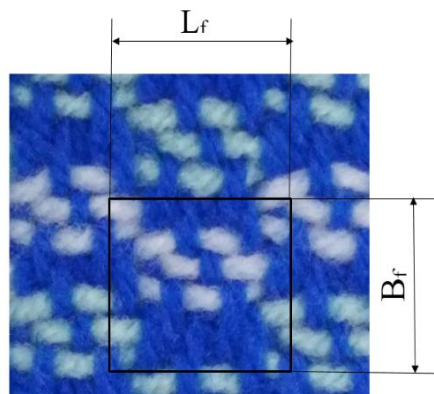


Рис. 3. Вибір ділянки для дослідження фактури тканини

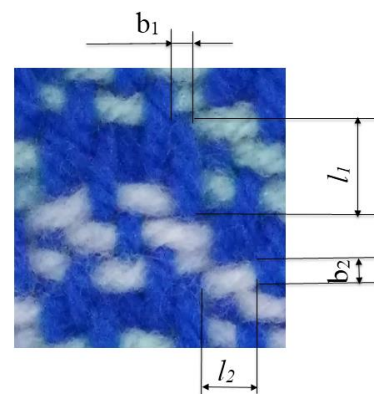


Рис. 4. Визначення розмірів елементів фактури

Кількісну оцінку фактури тканини пропонується проводити шляхом розрахунку показника – коефіцієнта фактурності.

Коефіцієнт фактурності тканини – це показник фактури, який характеризує співвідношення площі опуклої частини поверхні (елемента фактури) до загальної площі ділянки, на якій досліджується фактура тканини. Тобто коефіцієнт фактурності характеризує ступінь прояву фактури тканини та розраховується за формулою:

$$K_f = \frac{\bar{S}_i}{S_f} \cdot 100 \quad (1)$$

де $\bar{S}_i$ – середнє значення площ елементів фактури, які розміщені в межах елементарної ділянки;

S_f – площа ділянки, яка досліджується.

Встановлювати відстань між зразком і джерелом світла менше 40 мм і більше 180 мм не доцільно із-за викривлення оптичної картинки, що доведено експериментальним шляхом.

Отримані за допомогою оглядової камери зображення поверхні зразків тканин оброблюються засобами комп'ютерної програми Adobe Photoshop.

В якості об'єктів дослідження обрані зразки тканин різного сировинного складу і переплетення, виготовлені за традиційними технологіями, які за візуальною оцінкою відносяться до тканин з різною фактурою.

Розглянемо приклад дослідження поверхні зразка тканини побутового призначення, який виготовлений з бавовняних ниток полотняним переплетенням.

Зразок тканини розміщується в оглядовій камері. На відстані 40 мм від джерела освітлення отримують зображення, на якому фіксують наявність суцільної світлотіньової зони, що характеризує фактуру даної тканини як гладку. За допомогою фотозображення зразка тканини на відстані від джерела освітлення 180 мм відмічають наявність дрібних фактурних елементів, щільно розташованих на площині, та визначають їх розмір, см²:

$$s_i = 0,1 \cdot 0,15 = 0,015$$

Площа елементарної ділянки S_f , на якій оцінюється фактура тканини, складає 25 см². Коефіцієнт фактурності визначається за формулою (1):

$$K_f = \frac{0,015}{25} \cdot 100 = 0,06$$

Аналогічно коефіцієнт фактурності розрахований для решти зразків тканин. Результати дослідження занесені у табл. 1 у порядку збільшення значення коефіцієнта фактурності.

Таблиця 1. Характеристика досліджуваних зразків тканин та коефіцієнт фактурності

№ зразка	Сировинний склад ниток	Лінійна щільність ниток (основа/уток), текс	Переплетення	Вид опорядження	Площа елемента фактури, см ²	Коефіцієнт фактурності, K_f
1	2		3	4	5	6
1 група						
1	бавовна	14 / 15,4	полотно	гладкофарбована	0,015	0,06
2	бавовна	20 / 20	сатин	гладкофарбована	0,06	0,24
3	вовна / поліефір	22 гр. / 20	саржа 1/3	однотонна	0,16	0,64
4	бавовна	34 / 34	полотно	начісний ворс	0,2	0,8
5	вовна акрил	25 / 36	репс	начісний ворс	0,21	0,84
6	бавовна	15,4×2 / 36	репс	начісний ворс	0,25	1
7	бавовна	18,5×2 / 50	утоково-ворсове	вельветування	0,25	1
8	бавовна	20 / 18	сатин	друкований рисунок	0,42	1,68
9	бавовна	36 / 36	полотно	друкований рисунок	0,42	1,68
10	синтетичний шовк	16,5×2 / 16,5	осново-ворсове	підстригання ворсу	0,49	1,96
11	вовна / віскоза	31 / 31	полотно	меланжева тканина	0,57	2,3
2 група						
12	бавовна	20 / 29	саржа 2/1	гладкофарбована	0,73	2,92
13	бавовна / льон	36/ 34×2	рогожка 2/2	-	0,8	3,2
14	бавовна	25 / 25	полотно	друкований рисунок	0,9	3,6

Продовження таблиці 1.

1	2		3	4	5	6
15	бавовна	50x3 / 50	полотно	відбілена тканина	1,18	4,7
16	синтетичний шовк	18,5x2 / 25x2	креп	гладкофарбована	1,44	5,76
17	бавовна	25 / 25	полотно	строката тканина	2,1	8,4
18	бавовна	25 / 36	саржа 2/2	строката тканина	3,2	12,8
19	поліефір	15,4x2 / 29	креп	друкований рисунок	3,74	14,96
3 група						
20	бавовна / лавсан	50 / 50	рельєфне	строката тканина	3,75	15,0
21	бавовна	25x2 / 36	петельне по рисунку	-	5,06	20,24
22	вовна / нітрон	42x2 / 42x2 апаратна	саржа 1/5	меланжева тканина	5,2	20,8
23	акрил	25 / 50	комбіноване	строката тканина	5,5	22
24	бавовна	25 / 72	полотно + просвітчає	гладкофарбована	5,6	22,4
25	вовна / нітрон	31x2 / 42	ламана саржа	гладкофарбована	8	32
26	бавовна	42 / 72	саржеве	друкований рисунок	15,3	61,2
27	бавовна	18,5x2 / 84 фасонна	жакардове	-	19,36	77,44
28	вовна / лавсан	22 / 22	полотно	гофрування	20,48	81,92
29	вовна / лавсан	18,5 / 50	ламана саржа	строката тканина	22,5	90

За значенням коефіцієнта фактурності тканини умовно поділяються на 3 групи. Першу групу складають тканини, які мають суцільну світлотіньову зону з відблиском та коефіцієнт фактурності від 0,01 до 3. Ці тканини відрізняються гладкою і рівною поверхнею, врівноважені за структурою та виготовлені переважно головними переплетеннями, тому мають слабо виражену фактуру. До цієї групи відносяться тканини з начісним ворсом, наявність якого нівелює прояви фактурності.

Тканини другої групи характеризуються наявністю світлотіньових зон «світло-напівтінь-тінь», шорстка і зерниста поверхня яких не дає відблиску. Коефіцієнт фактурності змінюється від 3 до 15. До них відносяться тканини, які виготовлені головними, похідними і комбінованими переплетеннями з ниток середньої та великої лінійної щільності, тому мають більш виражені елементи фактури. На збільшення коефіцієнту фактурності впливає наявність друкованого рисунку.

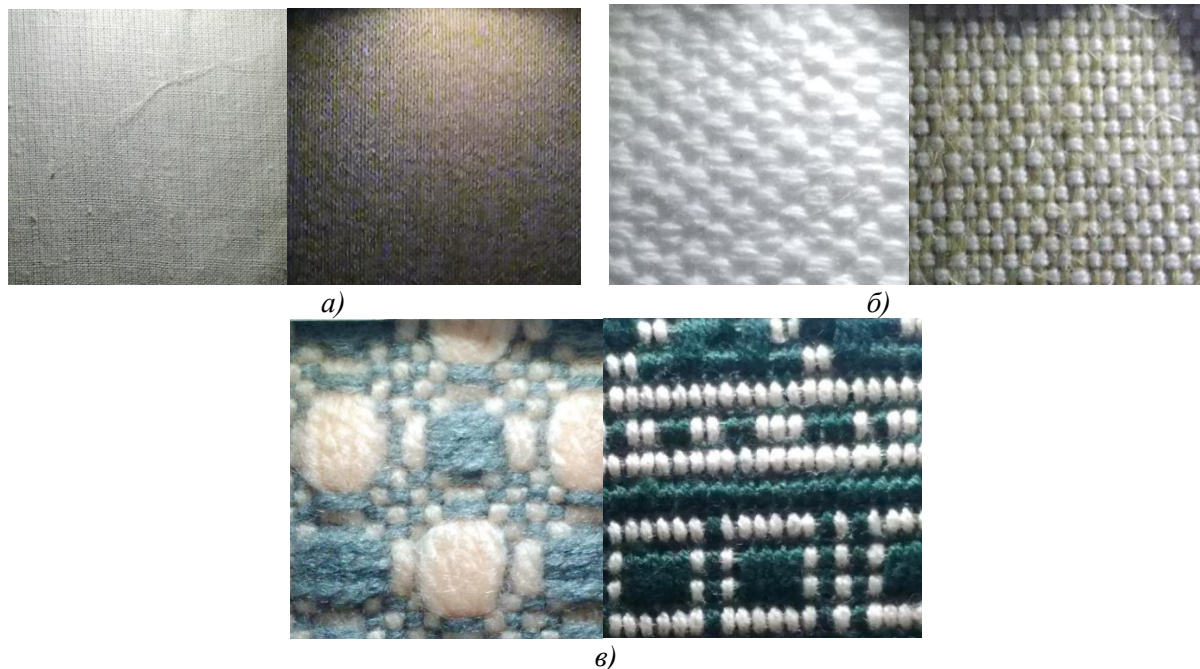
До третьої групи відносяться тканини ярко вираженої фактури, у яких наявні світлотіньові зони «світло-тінь». Характер фактури відповідає коефіцієнту фактурності від 15 і більше. Вони виготовлені переважно комбінованими переплетеннями, або складаються з основних і уткових ниток, які значно відрізняються своєю лінійною щільністю, або їх фактурність підкреслена технологіями опрядження.

Деякі зразки тканин, які відносяться до різних фактурних груп, що представлені у табл. 1, представлені на рис. 5.

Висновки. Аналіз наукової літератури показав, що у практиці текстильного виробництва в основному використовуються органолептичні методи дослідження фактур тканин, що дають суб'єктивне враження про характер фактурної поверхні, яке залежить від оптичних умов проведення експерименту та фізіологічних особливостей дослідника.

На основі аналізу існуючого методу дослідження фактури твердих поверхонь розроблений інструментальний метод дослідження фактури текстильних матеріалів, принцип дії якого ґрунтується на отриманні оптичного зображення поверхні зразка тканини, яке створюється у закритому просторі зі сталим режимом освітлення, з подальшою візуальною і

математичною обробкою зразка засобами комп'ютерної програми, що дозволяє оцінювати якісні і кількісні характеристики фактурної поверхні.



*Рис. 5. Приклади фактур тканин:
а) тканини 1 групи; б) тканини 2 групи; в) тканини 3 групи*

Якісна оцінка отриманих зображень поверхні тканини на основі аналізу зон світлотіньових переходів дозволяє ідентифікувати її фактурну приналежність. Кількісна оцінка дозволяє визначити розміри елементів фактури тканини, їх кількість і взаємне розташування.

Вперше в якості кількісної оцінки фактурної поверхні тканини запропоновано ввести показник фактури – коефіцієнт фактурності, який дозволяє об'єктивно оцінити стан поверхні тканин з різним ступенем прояву фактури. При збільшенні значення коефіцієнта фактурності збільшується фактурна виразність тканини і навпаки.

Застосування коефіцієнту фактурності в процесах дизайн-проектування тканин дозволить прогнозувати зовнішній вигляд майбутньої тканини, підвищити ефективність розрахунку технологічних параметрів ткацтва та сприятиме забезпеченню гармонійного поєднання фактури тканини та моделі швейного виробу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грашин, А. А. (2004). Методология дизайн-проектирования элементов предметной среды (дизайн унифицированных и агрегированных объектов). Москва: Архитектура-С.
2. Бригинець, І. Б. (2012). Тактильні характеристики оздоблювальних матеріалів. *Science and Youth*, (11-12), 180-183.
3. Лахтин, Ю. М., & Леонтьева, В. П. (2009). Материаловедение.
4. Grunwald, M. (Ed.). (2008). *Human haptic perception: Basics and applications*. Springer Science & Business Media.
5. Кузнецова, І. О., & Бригинець, І. Б. (2013). Фактура у тактильному сприйнятті об'єктів дизайну.
6. Islam, S., Chowdhury, S. And Akter, S. (2018) The Experiential Analysis of Woven Fabric for Reproduction. *Journal of Textile Science and Technology*, 4, 18-48. <https://doi.org/10.4236/jtst.2018.41002>
7. Хамматова, Э. А. (2012). Цвет и фактура текстильных материалов с содержанием полимерных волокон, влияющих на форму изделий. *Вестник Казанского технологического университета*, 15(14).
8. Нода, О. М., Загора, О. В., Рязанова, О. Ю., & Коваленко, Л. В. (2019). Вплив рапорту кольору ниток основи та утку на візуалізацію фактури тканини. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки*. <https://doi.org/DOI:10.30857/1813-6796.2019.6.2>.
9. Нода, О. М., Загора, О. В., Рязанова, О. Ю., & Федорченко, О. В. (2019). Розробка принципу систематизації методів проектування дизайну тканин технологічними засобами. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія: Технічні науки*, (3), 36-47. <https://doi.org/DOI:10.30857/1813-6796.2019.3.4>.

10. Прохорова, І. А. (2012). Проектування тканин. Навчальний посібник. Під ред. ІА Прохорової.– Херсон: ХНТУ.
11. Яковлев, А. В. (1999). Методы анализа и синтеза текстур/Муром. Ин-т Владимир. Гос. Ун-та.
12. Нода, О. М., Закора, О. В., & Антонова, А. С. (2019). Методи дослідження фактури тканин. In *kyivtex&Fashion*. Київський національний університет технологій та дизайну.
13. Лейтес, Л. Г. (1957). Оформление тканей в ремизном ткачестве. М.: Гизлегпром.
14. Никитин, М. Н. (1971). Художественное оформление тканей. М.: Легкая индустрия, 2.
15. Романенко, Н. Г., Яковец, І. А., & Ищенко, Ю. П. (2005). Цвет в дизайне текстиля. Вісник ХДАДМ, (9), 91-96.
16. Яковец, І. А. (2007). Выразительные возможности фактуры в дизайне текстиля. Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв. Мистецтвознавство. Архитектура, (5), 184-190.
17. Трофімов, Ю. Л. (2002). Інженерна психологія. К.: Либідь, 264, 3.
18. Wang, X., Georganas, N. D., & Petriu, E. M. (2010). Fabric texture analysis using computer vision techniques. *IEEE transactions on instrumentation and measurement*, 60(1), 44-56.
19. Huang, C. C., Liu, S. C., & Yu, W. H. (2000). Woven fabric analysis by image processing: Part I: Identification of weave patterns. *Textile Research Journal*, 70(6), 481-485.
20. VENKATARAMANA, M., et al. A Review of Recent Texture Classification: Methods. *IOSR Journal of Computer Engineering (IOSRJCE7)*, 2013, 14: 1.
21. Albrechtsen, F. (2008). Statistical texture measures computed from gray level cooccurrence matrices. *Image processing laboratory, department of informatics, university of oslo*, 5(5).
22. Jeong, Y. J., & Jang, J. (2005). Applying image analysis to automatic inspection of fabric density for woven fabrics. *Fibers and Polymers*, 6(2), 156-161.
23. Sirkova, B. K. (2012). Description of fabric thickness and roughness on the basis of fabric structure parameters. *Autex Research Journal*, 12(2), 40-43. DOI: 10.2478/v10304-012-0008-6
24. Федорченко, О. В. (2016). Удосконалення технології проектування тканин комбінованих переплетень (Doctoral dissertation, ступення канд. Техн. Наук: 05.18. 19/ОВ Федорченко–Херсон: ХНТУ.–2016.–24 с).
25. Останина, П. А., & Черных, М. М. (2013). Метод комплексной оценки фактуры материалов и его применение в алгоритме процесса дизайн-проектирования. In *Молодые ученые-ускорению научно-технического прогресса в XXI веке* (pp. 1018-1022).
26. Останина, П. А. (2013). Метод комплексной оценки фактуры материалов как элемента дизайна изделий. Автореф. Дис.... Канд. Техн. Наук: 17.00. 06.
27. Mooneghi, S. A., Saharkhiz, S., & Varkiani, S. M. H. (2014). Surface roughness evaluation of textile fabrics: a literature review. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 9(2). <https://doi.org/10.1177/155892501400900201>.
28. Прэтт, У. (1982). Цифровая обработка изображений: в 2 кн. Пер.
29. Дыко, Л. П., & Головня, А. Д. (2013). *Фотокомпозиция*. Рипол Классик.

USING THE SPH METHOD FOR MODELING THE CRYSTALLIZATION PROCESS OF ALUMINUM ALLOYS

¹Professor **Tatiana Lysenko**, ²Associate Professor **Yuriy Morozov**,

³**Kyryll Kreitser**, ⁴**Evgeny Kozishkurt**,

Ukraine, Odessa, Odessa National Polytechnic University,

¹Head of Department of Foundry Process Technologies and Management,

²Department of Higher Mathematics and Systems Modeling,

³ Head of the research laboratory of special casting methods,

⁴Graduate student of Department of Foundry Process Technologies and Management

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31032020/6981

ARTICLE INFO

Received: 17 January 2020

Accepted: 13 March 2020

Published: 31 March 2020

KEYWORDS

Crystallization,
SPH
method,
aluminum alloys,
low-pressure casting.

ABSTRACT

The purpose of the study was to obtain castings with increased mechanical properties by low-pressure casting using excess pressure on the crystallized casting. The simulation of the process of filling and crystallization of prototypes using the SPH method was carried out. The studies were carried out on a modernized low-pressure injection molding machine model U8261. Prototypes were obtained from AK7ch alloy, special attention is paid to interfacial interaction and intensification of the heat transfer process due to the application of excess pressure. Based on the data obtained, it was found that during crystallization under excessive pressure there is a supercooling effect that reduces the casting solidification time. The use of the SPH method for modeling foundry processes has shown a high level of reliability and requires further development.

Citation: Tatiana Lysenko, Yuriy Morozov, Kyryll Kreitser, Evgeny Kozishkurt. (2020) Using the SPH Method for Modeling the Crystallization Process of Aluminum Alloys. *World Science*. 3(55), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal_ws/31032020/6981

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

Introduction. The modern foundry aims to produce high-quality competitive castings with a minimum manufacturing cost. One way to solve this problem is to apply pressure, which plays a key role in many special types of castings. The combination of advantages and disadvantages of the low-pressure casting method is one of the most effective. When casting by this method, it is possible to exert subsequent pressure on the crystallized casting [1,2].

Recent studies show that it is possible to regulate the properties of the finished casting already at the initial stages of mold filling and crystallization. This allows you to significantly improve the mechanical properties of the casting [3,4].

In the transition to new production technologies to avoid significant investment, it is necessary to apply computer simulation at the design stage of the technological process. This solution allows you to observe the processes that occur in the casting and to understand why there is a defect in this casting with given specific technological parameters. Then there is the opportunity to offer effective technological solutions that can be checked again using simulation [5].

The meshless method of smooth particles (SPH) is perfectly suitable for modeling casting processes [6,7]. For its implementation, information on the connections between nodes is not required, which avoids the difficulties associated with the construction of the mesh, as well as the need to track inter-node communications at each time step [8].

The SPH method allows one to more reliably simulate the processes of filling [9] and crystallization [10], as well as considering latent heat released during melting and absorbed during solidification.

Purpose of the research: the study of the influence of excess pressure on the crystallizing casting of Ak7ch alloy during low-pressure casting. Simulation of filling a mold with an alloy followed by crystallization under pressure using the SPH method.

Material and methods. The studies were carried out on prototypes in the form of plates made of AK7ch alloy obtained on a modernized low-pressure casting machine model U8261. After filling the chill cavity with the melt, an excess pressure of 200-900 KPa was applied to the crystallizing sample (Fig. 1). The chemical composition and dimensions of the test samples are presented in tables 1 and 2, respectively.

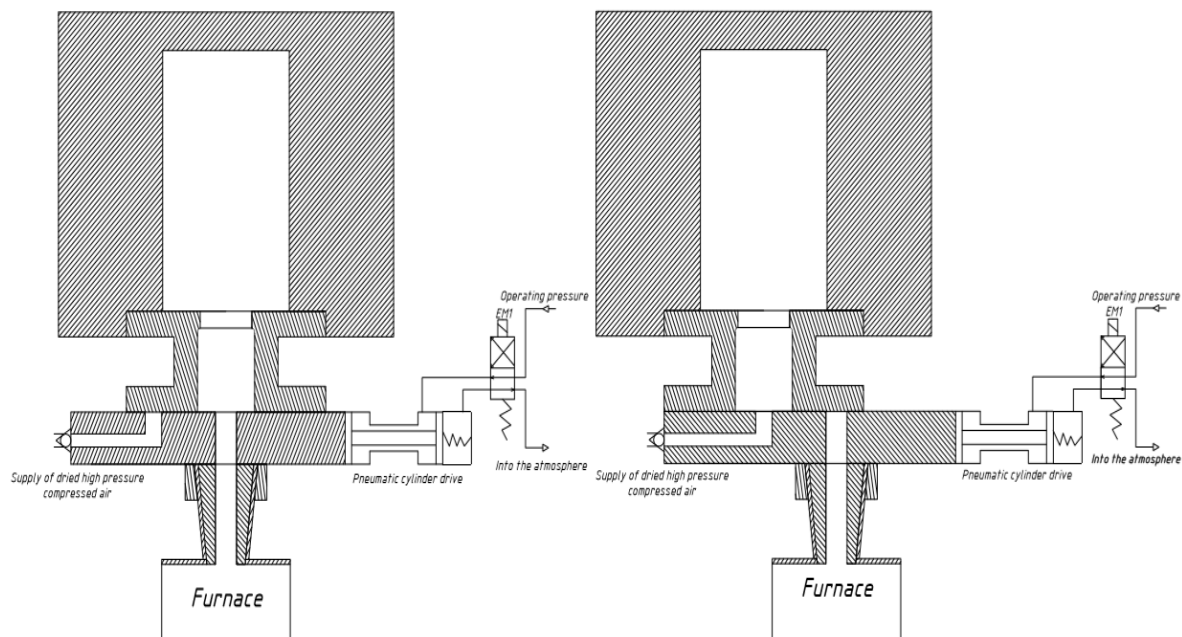


Fig. 1. Scheme for obtaining prototypes

Table 1. Chemical composition in % of AK7ch alloy

Fe	Si	Mn	Al	Cu	Pb	Be	Mg	Zn	Sn	Impurities	-
up to 1.5	6 - 8	up to 0.5	89.6 - 93.8	up to 0.2	up to 0.05	up to 0.1	0.2 - 0.4	up to 0.3	up to 0.01	total 2	Ti+Zr< 0.15

Table 2. Dimensions of the prototypes

№ of the prototype	S, mm (thickness)	B, mm (width)	H, mm (height)
1	15	100	250
2	20	100	250
3	45	100	250
4	60	100	250

For numerical modeling of crystallization processes, it makes sense to use the particle method (SPH – "Smooth Particle Hydrodynamics"), since the use of other approaches is associated with significant technical or theoretical difficulties. The method can be implemented in a conservative form, and its feature is a simple transition to the three-dimensional case.

The essence of this method is to approximate the formula [11,12,13,14]

$$a(x) = \int_R a(x) \delta(x - x_i) dx \quad (0.1)$$

with the following chain of transformations. At the beginning we replace the generalized function $\delta(x)$ with an analytic function $W(x - x_i, h)$, which is called the smoothing kernel, and h – smoothing radius. As a result, we get

$$\bar{a}(x) = \int_R a(x) W(x - x_i, h) dx \quad (0.2)$$

The kernel $W(x - x_i, h)$ must satisfy the conditions

$$\int_R W(x, h) dx = 1 \text{ и } W(x, h) \xrightarrow{h \rightarrow 0} \delta(x).$$

In the works of Monaghan [11,12,13] it was proved that subject to these conditions, the approximation provides the order $O(h^2)$.

The following transformation consists of replacing integration by summing over neighboring particles:

$$\bar{a}(x) = \sum_j \frac{m_j a_j}{\rho_j} W(x - x_j, h) \quad (0.3)$$

Using this approximation significantly simplifies the calculation of the gradient of the field function since it is enough to analytically differentiate the smoothing kernel, which will give

$$\frac{\partial \bar{a}(x)}{\partial x^\alpha} = \sum_j \frac{m_j a_j}{\rho_j} \frac{\partial W(x - x_j, h)}{\partial x^\alpha} \quad (0.4)$$

The equations of fluid motion in terms of SPH are written as follows.

Continuity equation

$$\frac{\partial \rho_i}{\partial t} = \rho_i \sum_{j=1}^N \frac{m_j}{\rho_j} (v_i^\beta - v_j^\beta) \frac{\partial W_{ij}}{\partial x_i^\beta} \quad (0.5)$$

Momentum equations

$$m_i \frac{\partial v_i^\alpha}{\partial t} = \sum_{j=1}^N m_i m_j \left(\frac{\sigma_i^{\alpha\beta}}{\rho_i^2} + \frac{\sigma_j^{\alpha\beta}}{\rho_j^2} + \Pi_{ij} \right) \frac{\partial W_{ij}}{\partial x_i^\beta} \quad (0.6)$$

where i – the particle in question; N – the number of neighboring particles; m – weight; $W_{ij} = W(x_i - x_j, h)$ – interpolation kernel; As the interpolation kernel, choose

$$W(x_i - x_j, h) = \alpha_d \begin{cases} \frac{2}{3} - \frac{9}{8} r_{ij}^2 + \frac{19}{24} r_{ij}^3 - \frac{5}{32} r_{ij}^4 & 0 \leq r_{ij} \leq 2 \\ 0 & r_{ij} > 2 \end{cases}, \quad r_{ij} = |x_i - x_j| \quad (0.7)$$

Where α_d takes the values $\frac{1}{h}$, $\frac{15}{7\pi h^2}$ and $\frac{315}{208\pi h^3}$ for one, two, and three-dimensional space, respectively.

h – smoothing length; $v_i^\alpha = \frac{dx_i^\alpha}{dt}$; $\rho_i = \sum_{j=1}^N m_j W_{ij}$ – density of the i – particle; Π_{ij} – artificial viscosity [11]:

$$\Pi_{ij} = \begin{cases} \frac{-\alpha \bar{c}_{ij} \mu_{ij} + \beta \mu_{ij}^2}{\bar{\rho}_{ij}} & \text{if } (v_i - v_j)(x_i - x_j) < 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (0.8)$$

Here

$$\mu_{ij} = \frac{h_{ij} (v_i - v_j)(x_i - x_j)}{(x_i - x_j)^2 + 0.01 h_{ij}^2}, \quad \bar{c}_{ij} = \frac{c_i + c_j}{2}, \quad \bar{\rho}_{ij} = \frac{\rho_i + \rho_j}{2}, \quad h_{ij} = \frac{1}{2}(h_i + h_j) \quad (0.9)$$

where c_i and c_j – the speed of sound at points i and j , respectively; a and b – artificial viscosity coefficients.

The introduction of artificial viscosity not only provides the necessary dispersion but also prevents non-physical penetration for particles approaching each other.

The equation of state [11], which gives the relationship between the particle density and fluid pressure, has the form:

$$P = P_0 \left[\left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^\gamma - 1 \right],$$

where P_0 – pressure value; ρ_0 – reference density; $\gamma = 7$ for liquids or liquid metals; $\frac{\gamma P_0}{\rho_0} = 100V^2 = c_s^2$, V – maximum fluid velocity.

In the SPH method, heat increment due to thermal conductivity is calculated as follows [12].

$$Q_{hc,i} = - \sum_{j=1}^N \frac{4m_j}{\rho_j} \frac{k_i k_j}{k_i + k_j} (T_i - T_j) \frac{\partial W_{ij}(|x_i - x_j|, h)}{\partial x_i} \quad (0.10)$$

where $Q_{hc,i}$ – an increase in heat per unit volume of the i – particle due to thermal conductivity, k_i, k_j – the heat conductivity coefficients for the i – and j – particle, respectively. T_i, T_j – temperature of the i – and j – particle.

The heat transfer between the crystallizer and the molten metal can be calculated as follows

$$Q_{ht,i} = -2h^2 \pi \frac{\rho_i}{m_i} \sum_{j=1}^N \omega_{ik} \left(\frac{m_i}{\rho_i} + \frac{m_k}{\rho_k} \right) (T_i - T_k) W_{ij}(|x_i - x_k|, h) \quad (0.11)$$

The equation of the heat transfer process looks like this

$$\rho_i \frac{du_i}{dt} = Q_{ht,i} + Q_{hc,i} \quad (0.12)$$

where u_i – internal energy per unit volume of the i – particle.

Crystallization and shrinkage can be expressed as changes depending on temperature, viscosity and density, respectively.

The simulation of the moving boundary of the contact of several phases in SPH is based on particle interactions (Fig. 2).

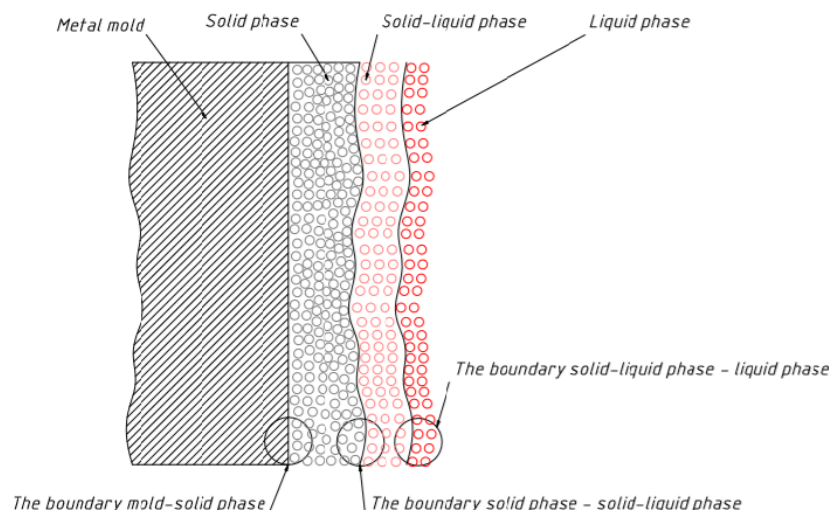


Fig. 2. Moving interface between phases during the crystallization of aluminum alloy

To avoid this non-physical behavior, an interaction force like the Lennard-Jones repulsive force is introduced, which is applied to particles from various materials at the interface when they come together. This force is applied in pairs to particles along their common axis as follows [12].

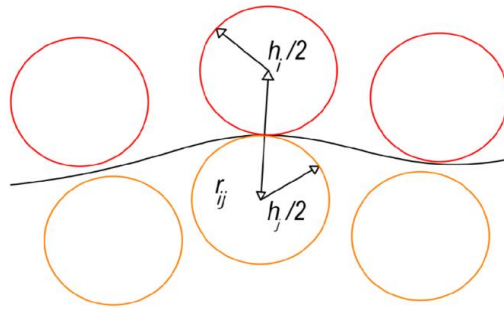


Fig. 3. Particle interaction at the phase boundary

$$f_{ij}(r) = \begin{cases} D \left[\left(\frac{h_0}{r_{ij}} \right)^4 - \left(\frac{h_0}{r_{ij}} \right)^2 \right] \left(x_{ij} / r_{ij}^2 \right) & r_{ij} < r_0 \\ 0 & r_{ij} > r_0 \end{cases} \quad (1.13)$$

where i and j – numbers of particles belonging to different phases; D – parameter depending on the square of the maximum speed; r_{ij} – distance between two particles;

or

$$f_{ij}(r) = \begin{cases} \bar{D} \left[\left(\frac{h_{ij}}{r_{ij}} \right)^{n_1} - \left(\frac{h_{ij}}{r_{ij}} \right)^{n_2} \right] \left(x_{ij} / r_{ij}^2 \right) & h_{ij} / r_{ij} \geq 1 \\ 0 & h_{ij} / r_{ij} < 1 \end{cases} \quad (1.14)$$

where $\bar{D}$, n_1 , n_2 – the parameters that are selected depending on the problem being solved.

Research results. The simulation was carried out in the ANSYS program, which was used to fill the cast-iron chill with Ak7ch alloy using the meshless SPH method (Fig. 4).

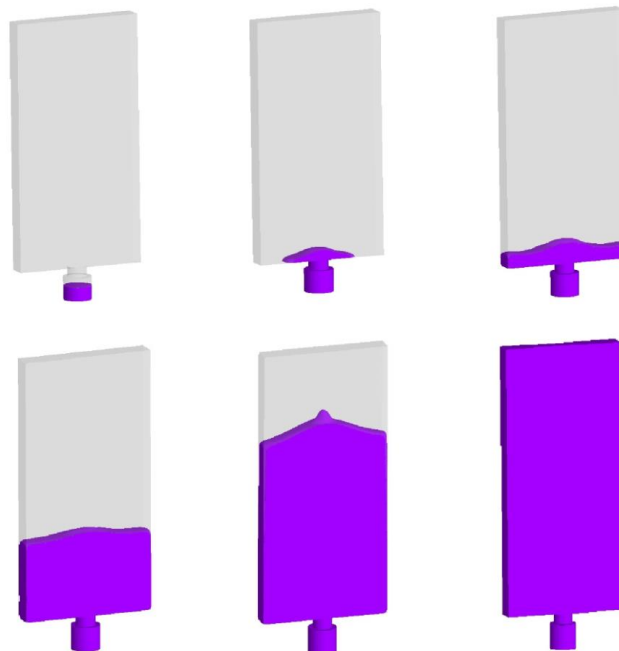


Fig. 4. Modeling the process of filling the chill cavity

Modeling of the processes of filling and crystallization was carried out on prototype No. 1. The experimental prototype filling time was 17.2 s, and the calculated time was 16.4 s. The error is 4.65%, which allows us to consider the results obtained accurately. The calculated filling time was obtained during the simulation.

Then, the solidification process was simulated with external pressure applied to the crystallizing sample and without external pressure applied (Fig. 5.6).

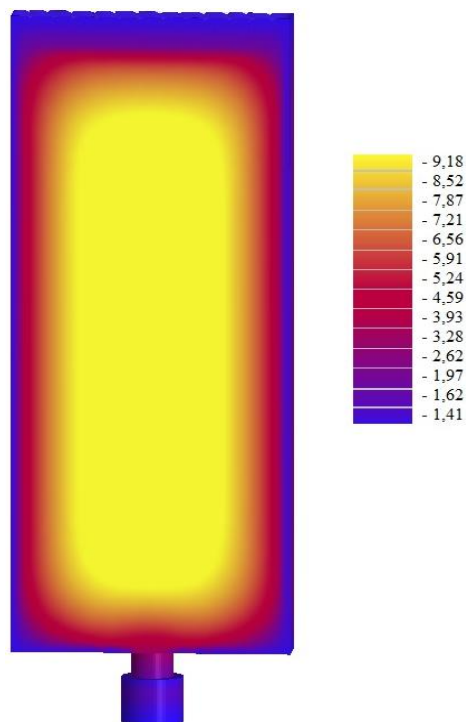


Fig. 5. The time of solidification of the layers of the prototype without applying external pressure, s.

The total solidification time of the prototype without external pressure during crystallization was 9.18 s, while with the application of an overpressure of 900 KPa it was 7.78 s, which is explained by the presence of supercooling (Fig. 6).

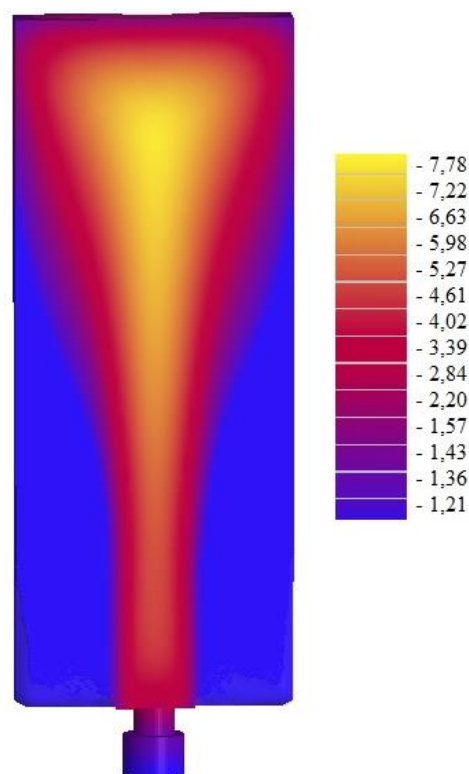


Fig. 6. The time of layer-by-layer solidification of the prototype with the application of external pressure, s.

The prototypes obtained using the technology described above were tested for strength (Fig. 8) and Brinell hardness (Fig. 7).

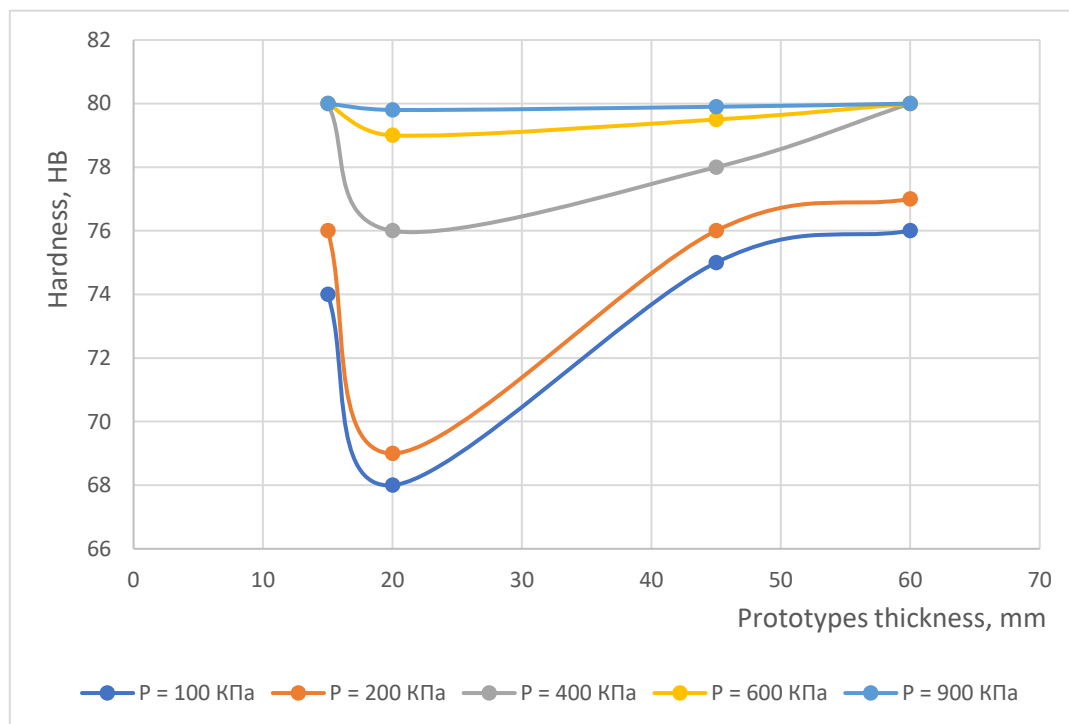


Fig. 7. Change in AK7ch alloy hardness by thickness of casting from pressure during crystallization

Tests have shown that overpressure from 200 to 600 kPa slightly increases the hardness index, while from 600 to 900 kPa there is a noticeable increase in tensile strength by 30% (DSTU requirements ≥ 60). When applying the pressure of 900 kPa, the tensile strength is equalized over the entire thickness of the casting.

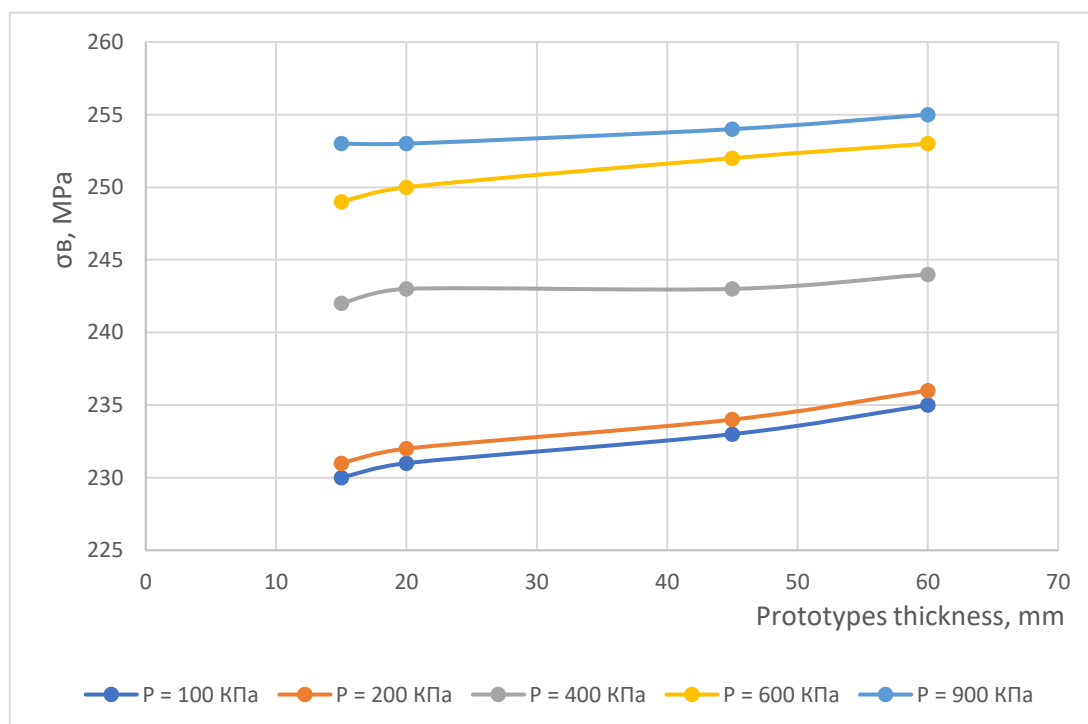


Fig. 8 Changing the tensile strength of the AK7h alloy in the thickness of the prototype from the value of pressure during crystallization

A similar picture can be observed when measuring the tensile strength of samples with a pressure value during crystallization of 600-900 kPa. The indicated mechanical property is increased by 23% (DSTU requirements ≥ 206).

Conclusions.

1. Simulation of the filling process using the SPH method has shown a high level of adequacy and is applicable in foundry production.

2. Crystallization under excessive pressure reduces the solidification time of aluminum alloys because of supercooling.

3. The use of excessive pressure during the crystallization of aluminum castings from the Ak7ch alloy increases the mechanical properties by 20-30%.

4. Increasing the overpressure from 600 to 900 KPa significantly equalizes the distribution of mechanical properties throughout the casting volume.

REFERENCES

1. Борисов Г.П. Повышение качества отливок из алюминиевых сплавов. Оборудование и инструмент для профессионалов. 2006. 1(73): 21-28.
2. Безпалько В.И. Литье с кристаллизацией под давлением тонкостенных отливок из силуминов. Литейное производство. 2013. 6: 21-22.
3. Фасевич Ю.Н., Рудницкий Ф.И. Разработка методики экспериментальных исследований управления кристаллизацией литых заготовок путем оптимизации теплофизических свойств элементов литниковой системы. Литье и металлургия. 2018. 3:36-42.
4. Чуркин Б.С., Чуркин А.Б., Гофман Э.Б., Категоренко Ю.И. Оптимальное управление заливкой форм при литье под регулируемым давлением. Литье и металлургия. 2002. 2: 71-75.
5. Khan M.A., Sheikh A.K. A comparative study of simulation software for modelling metalcasting processes. International Journal of Simulation Modelling. 2018. 17(2): 197-209.
6. Monaghan J. J. Simulating free surface flows with SPH. Journal of Computational Physics. 1994. 110(2): 399-406.
7. Monaghan J. J. Smoothed particle hydrodynamics. Reports on Progress in Physics. 2005. 68: 1703-1759.
8. Paul W. Cleary Extension of SPH to predict feeding, freezing and defect creation in low pressure die casting. Applied Mathematical Modelling. 2010. 34: 3189-3201.
9. Wen-jiong Cao, Zhao-yao Zhou, Fang-ming Jiang Smoothed particle hydrodynamics modeling and simulation of foundry filling process. Transactions of Nonferrous Metals Society of China. 2015. 25: 2321-2330.
10. Amirsaman Farrokhpanah, Markus Bussmann, Javad Mostaghimi New smoothed particle hydrodynamics (SPH) formulation for modeling heat conduction with solidification and melting. Numerical Heat Transfer, Part B: Fundamentals. 2017. 71(4): 299-312.
11. Monaghan JJ (1992) Smoothed particle hydrodynamics. Annu Rev Astron Astrophys 30:543-574.
12. Monaghan JJ (1994) Simulating free surface flows with SPH. J Comput Phys 110:399-406.
13. Monaghan JJ (2005) Smoothed particle hydrodynamics. Rep Prog Phys 68(8):1703-1759.
14. Cleary PW, Prakash M, Ha J, Stokes N, Scott C (2007) Smooth particle hydrodynamics: status and future potential. Prog Comput Fluid Dyn 7:70-90.

COMPUTER SCIENCE

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ НА ОСНОВЕ Z-ЧИСЕЛ В СИСТЕМАХ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

к.т.н., Салимов Вагиф Гасан оглы,

Азербайджанская Республика, Баку, Азербайджанский университет нефти и промышленности, доцент кафедры «Компьютерной инженерия»

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31032020/6969

ARTICLE INFO

Received: 19 January 2020

Accepted: 21 March 2020

Published: 31 March 2020

KEYWORDS

linguistic uncertainty,
decision making,
membership function,
fuzzy z-numbers,
generalized fuzzy numbers.

ABSTRACT

The article is devoted to the problem of multi criteria decision making under linguistic uncertainty. Information of different approaches for modelling linguistic uncertainty have been analyzed. The concept of z-numbers proposed by L. Zadeh have been presented. Z-number is presented as cortege of two fuzzy number A and B, where A is analyzed factor, B is reliability of an assessment. The method of conversion z-numbers into generalized fuzzy numbers have been applied. As test problem have been used supplier selection problem. As decision making model have been used group weighted average method. All calculations and results were presented.

Citation: Салимов В. Г. (2020) Modelirovanie Lingvisticheskoy Neopredelennosti na Osnove Z-Chisel v Sistemah Mnogokriterial'nogo Prinyatiya Reshenij. *World Science*. 3(55), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal_ws/31032020/6969

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

Введение. Проблема принятия решений в условиях неопределенности и, в частности, лингвистической неопределенности является одной из актуальных в общей проблематике, связанной с управлением. Очень часто при решении задач принятия решений, мы вынуждены довольствоваться только информацией, доставляемой экспертами в форме лингвистических оценок. В этих условиях разработка моделей принятия решений требует адекватного учета неопределенности присущей лингвистическим оценкам.

Одним из эффективных методов моделирования лингвистической неопределенности является подход, основанный на нечетких множествах. Существует большое число работ посвященных использованию классической теории нечетких множеств и получившего название fuzzy type-1. Этот подход был предложен Л. Заде в 1965 году в работе [1]. В 1975 году Л. Заде был предложен более общий подход, получивший название fuzzy type-2 и позволяющий учитывать неточность наших знаний о функции принадлежности [2]. С. Чен в 1985 году предложил концепцию альтернативную fuzzy type-2 и получившую название обобщенных нечетких множеств (generalized fuzzy set) и которая также позволяет учесть неточных наших знаний о функции принадлежности [3]. В 2011 году Л. Заде предложил концепцию нечетких z-чисел (z-numbers), позволяющий также учитывать неточность наших знаний о функции принадлежности используя совместно подход с позиций теории вероятности и теории возможности [4]. Концепция z-чисел связана с тем, что очень часто степень уверенности эксперта в оценке значений различных факторов выражается в терминах теории вероятности

(«мало вероятно», «очень вероятно», «невероятно»). Л. Заде предложил использовать для этого новый тип нечетких данных z-числа, состоящие из двух нечетких чисел, первое из которых представляет собой нечеткую оценку фактора, второе степень уверенности в этой оценке, выраженную в терминах теории вероятности. Л. Заде предложил алгоритм выполнения операций с z-числами на основе принципа расширения [4]. Все указанные подходы широко используются при разработке моделей принятия решения в условиях лингвистической неопределенности. [5-17]. В данной работе рассматривается подход, основанный на применении нечетких z-чисел (z-numbers).

Основные понятия.

В данной статье рассмотрены вопросы применения нечетких z-чисел (z-numbers) для моделирования лингвистической неопределенности в задачах многокритериального принятия решений – Multi-Criteria Decision Making (MCDM) [6]. Рассмотрим основные понятия теории нечетких Z-чисел.

Определение: Нечеткое Z-число.

Нечеткое Z-число представляет собой кортеж состоящий из двух нечетких чисел $Z = (\tilde{A}, \tilde{B})$, где $\tilde{A}$ – нечеткое число, представленное экспертом для оценки исследуемого фактора; $\tilde{B}$ – нечеткое число, описывающее степень уверенности в оценке эксперта;

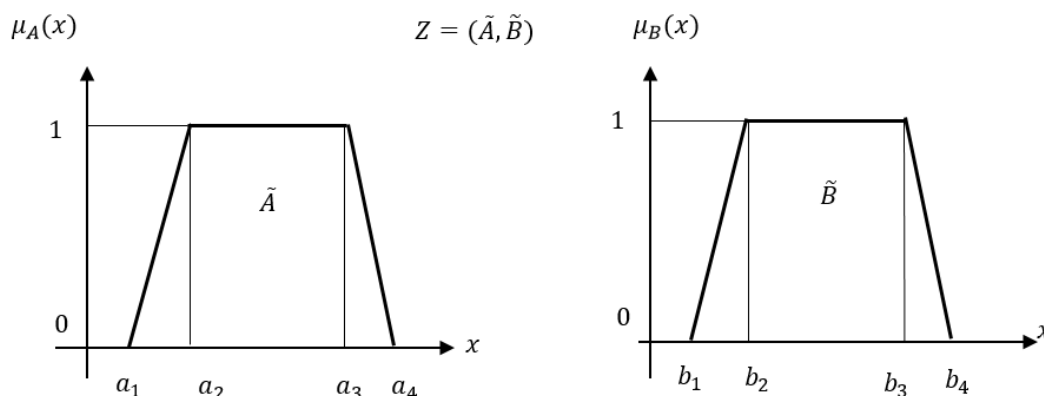


Рис. 1. Графическое представление нечеткого z-числа

Определение: Обобщенное нечеткое число. Нечеткое множество $\tilde{A}$, определенное на универсальном множестве вещественных чисел R , называется обобщенным нечетким числом, если его функция принадлежности обладает следующими свойствами:

- I. $\mu_{\tilde{A}}: R \rightarrow [0,1]$ является непрерывной
- II. $\mu_{\tilde{A}}(x) = 0$ для всех $x \in (-\infty, a] \cup [d, \infty)$
- III. $\mu_{\tilde{A}}(x)$ строго возрастает на $[a, b]$ и строго убывает на $[c, d]$
- IV. $\mu_{\tilde{A}}(x) = w$, для всех $x \in [b, c]$, где $0 < w \leq 1$

Обобщенное нечеткое трапециевидальное число $\tilde{A} = (a, b, c, d, w)$ имеет функцию принадлежности в виде

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ w & b \leq x \leq c \\ \frac{x-c}{d-c} & c \leq x \leq d \\ 0 & x > d \end{cases}$$

Здесь w играет роль уровня достоверности наших знаний о функции принадлежности.

Рассмотрим порядок выполнения арифметических операций над обобщенными нечеткими трапециевидальными числами. Даны два GTFN числа $\tilde{A}_1$ и $\tilde{A}_2$:

$$\tilde{A}_1 = (a_1, b_1, c_1, d_1, w_1) \quad \tilde{A}_2 = (a_2, b_2, c_2, d_2, w_2)$$

Сложение. $\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2, d_1 + d_2; \min(w_1, w_2))$

Вычитание. $\tilde{A}_1 \ominus \tilde{A}_2 = (a_1 - a_2, b_1 - b_2, c_1 - c_2, d_1 - d_2; \min(w_1, w_2))$

Скалярное умножение.

$$\lambda A = \begin{cases} (\lambda a, \lambda b, \lambda c, \lambda d; w) & \lambda > 0 \\ (\lambda d, \lambda c, \lambda b, \lambda a; w) & \lambda < 0 \end{cases}$$

Функция ранжирования

Для ранжирования альтернатив был использован центроидный метод, предложенный в работе [6]

$$(\tilde{x}_0, \tilde{y}_0) = \left(a + b + c + d - \frac{dc - ab}{(dc) - (a + b)}, \frac{w}{3} \left(1 + \frac{c - b}{(d + c) - (a + b)} \right) \right)$$

Функция ранжирования $R(\tilde{A}) = \sqrt{\tilde{x}^2 + \tilde{y}^2}$

Если $\tilde{A}_i$ и $\tilde{A}_j$ два GTFN числа, то имеем

(i) $R(\tilde{A}_i) > R(\tilde{A}_j)$ тогда $\tilde{A}_i > \tilde{A}_j$

(ii) $R(\tilde{A}_i) < R(\tilde{A}_j)$ тогда $\tilde{A}_i < \tilde{A}_j$

(iii) $R(\tilde{A}_i) = R(\tilde{A}_j)$ тогда $\tilde{A}_i = \tilde{A}_j$

Определение: Вероятность нечеткого события

Вероятностью нечеткого события называется величина определяемая как

$$P(A) = \int_A p_A(x) \mu_A(x) dx$$

С помощью этого понятия устанавливается связь между компонентами A и B.

Вычисления с z-числами могут быть реализованы путем прямого использования принципа расширения Заде, что требует очень громоздких вычислений и крайне затруднено при решении сложных прикладных задач. Альтернативный путь — это преобразование z-чисел в другие форматы, поддерживающие неопределенность функции принадлежности и для которых разработаны алгоритмы вычислений умеренной сложности. В работе [7] предложен метод преобразования Z-чисел в обобщенные нечеткие числа. Фактически степень уверенности B трансформируется в уровень нечеткости α .

$$\alpha = \frac{\int x \mu_B(x) dx}{\int \mu_B(x) dx}$$

Далее Z – число трансформируется в обобщенное нечеткое число $(x, \mu_\alpha(x))$

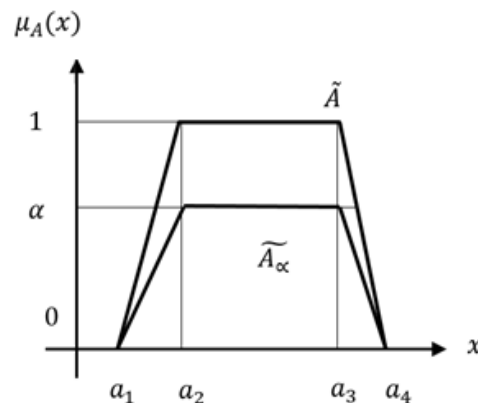


Рис 2. Графическое представление обобщенного нечеткого числа.

Постановка задачи и метод решения.

Применение нечетких z-чисел рассмотрим на примере задачи выбора поставщика (supplier selection). Эта задача формализуется как задача MCDM с групповым методом принятия решений. Имеется 3 потенциальных поставщика A_i ($i = 1, 2, 3$), деятельность которых описывается 4 атрибутами:

C_1 – качество товара, C_2 – фактор риска, C_3 – уровень обслуживания, C_4 – профиль компании.

Также имеется 3 эксперта E_k ($k = 1, 2, 3$) с соответствующими весовыми коэффициентами

$$\lambda = (0.3 \ 0.45 \ 0.25)$$

Для всех атрибутов C_i ($i = 1, 2, 3, 4$) также определены весовые коэффициенты важности

$$\omega = (0.3 \ 0.15 \ 0.2 \ 0.35)$$

В таблице 1 представлены лингвистические термы, которые используются для оценки альтернатив решений – «Очень низкий» (VL), «Низкий» (L), «Средний» (M), «Высокий» (H), «Очень высокий» (VH).

Таблица 1.

Лингвистические термы фактора А	Функция принадлежности μ_A
Очень низкий (VLK)	(0,0.1,0.2.0.3)
Низкий (L)	(0.1,0.3,0.45,0.7)
Средний (M)	(0.4,0.5,0.7,0.8;)
Высокий (H)	(0.5,0.6,0.75,0.85)
Очень высокий (VH)	(0.6,0.7,0.8,0.9)

Лингвистические термы используемые для оценки степени уверенности представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Лингвистические термы степени уверенности В	Значения функции принадлежности μ_B
Невозможно (impossible) IM	(0.0, 0.01, 0.02. 0.05)
Очень маловероятно (Very unlikely) VU	(0.02, 0.15, 0.20, 0.25)
Вероятно (Likely) LK	(0.20, 0.30, 0.50, 0.65)
Очень вероятно (Very likely) VLK	(0.50, 0.60, 0.70, 0.80)
Определенный (Certain) C	(0.70, 0.85, 0.95, 0.99)

Эксперты, используя указанные термы выполняют оценку всех потенциальных поставщиков по всем атрибутам и результаты представлены в таблицах 3-5

Таблица 3.

	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	(M,LK)	(H,LK)	(VH,VU)	(VH,LK)
A_2	(H,LK)	(M, VLK)	(H, VU)	(H,LK)
A_3	(VH,VLK)	VH (VU)	(M,VLK)	(H, VU)

Таблица 4.

	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	(H,VU)	(VH,LK)	(H,VU)	(H,LK)
A_2	(M,VLK)	(H,LK)	(VH,VLK)	(VH,VU)
A_3	(H,LK)	(VH,VU)	(M,VU)	(VH,VLK)

Таблица 5.

	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	(M,VU)	(H,LK)	(H,VU)	(H,VLK)
A_2	(H,VLK)	(VH,LK)	(VH,VLK)	(H,VU)
A_3	(M,LK)	(H,LK)	(M, VU)	(VH,VLK)

Рассчитываем значение α для различных значений степени уверенности

$$\alpha(VU) = 0.1$$

$$\alpha(LK) = 0.4$$

$$\alpha(VLK) = 0.6$$

$$\alpha(VLK) = 0.86$$

Далее выполняется агрегация указанных результатов по всем экспертам с использованием формулы

$$\tilde{A}_{ij}^k = \oplus_{k=1}^3 (\lambda_k \tilde{A}_{ij}^{(k)})$$

Проведя расчеты в MS Excel получим следующие результаты:

$$\tilde{A}_{11} = (0.46, 0.57, 0.75, 0.86; 0.1)$$

$$\tilde{A}_{12} = (0.55, 0.65, 0.77, 0.87; 0.4)$$

$$\tilde{A}_{13} = (0.53, 0.63, 0.77, 0.87; 0.1)$$

$$\tilde{A}_{14} = (0.53, 0.63, 0.77, 0.87; 0.4)$$

$$\tilde{A}_{21} = (0.46, 0.56, 0.73, 0.83; 0.4)$$

$$\tilde{A}_{22} = (0.50, 0.60, 0.75, 0.85; 0.4)$$

$$\tilde{A}_{23} = (0.57, 0.67, 0.79, 0.89; 0.1)$$

$$\tilde{A}_{24} = (0.55, 0.65, 0.77, 0.87; 0.1)$$

$$\tilde{A}_{31} = (0.73, 0.79, 0.87, 0.92; 0.1)$$

$$\tilde{A}_{32} = (0.58, 0.68, 0.79, 0.89; 0.1)$$

$$\tilde{A}_{33} = (0.40, 0.50, 0.70, 0.80; 0.1)$$

$$\tilde{A}_{34} = (0.57, 0.67, 0.79, 0.89; 0.1)$$

Данные результаты могут быть представлены в виде коллективной матрицы

$$R = \begin{pmatrix} \tilde{A}_{11} & \tilde{A}_{12} & \tilde{A}_{13} & \tilde{A}_{14} \\ \tilde{A}_{21} & \tilde{A}_{22} & \tilde{A}_{23} & \tilde{A}_{24} \\ \tilde{A}_{31} & \tilde{A}_{32} & \tilde{A}_{33} & \tilde{A}_{34} \end{pmatrix}$$

На следующем шаге выполняется агрегация по атрибутам с помощью формулы

$$A_i = \oplus_{i=1}^4 (\omega_i \tilde{A}_{ij})$$

В результате получаем глобальные оценки альтернатив (таблица 6)

Таблица 6.

Альтернативы	GTFN значения
A_1	(0.51, 0.61, 0.76, 0.87; 0.1)
A_2	(0.52, 0.62, 0.76, 0.86; 0.1)
A_3	(0.58, 0.67, 0.79, 0.88; 0.1)

Для сравнения альтернатив используя функцию ранжирования имеем:

$$\text{Rank}(A_1) = 3.52 > \text{Rank}(A_3) = 3.49 > \text{Rank}(A_2) = 3.45$$

Наилучшим является поставщик A_1 .

Выводы. В данной статье была исследована проблема построения многокритериальной модели принятия решений (MCDM) в условиях лингвистической неопределенности. В качестве модели принятия решений была использована модель группового принятия решений, а в качестве модели неопределенности нечеткие z-числа. В качестве тестовой задачи была использована задача выбора поставщика.

ЛИТЕРАТУРА

1. L.A. Zadeh, "Fuzzy sets," Information and Control, vol. 8, 1965, pp. 338-353.
2. L.A. Zadeh, The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning – I, Information Sciences 8 (3), 1975, p. 199–249.
3. Chen, S. H. Operations on fuzzy numbers with function principal. Tamkang Journal of Management Sciences, 6, 1985, p. 13-25.
4. Zadeh, L.A.: A note on Z-numbers. Information Science 181, 2011, p. 2923–2932
5. L. A. Zadeh, "From computing with numbers to computing with words—from manipulation of measurements to manipulation of perceptions," IEEE Trans. on Circuits and Systems–1, Fundamental Theory and Applications, vol. 4, 1999, p. 105–119

6. Y. L. P. Thorani¹, P. Phani Bushan Rao, and N. Ravi Shankar Ordering Generalized Trapezoidal Fuzzy Numbers, *Int. J. Contemp. Math. Sciences*, Vol. 7, 2012, no. 12, p. 555 – 573
7. B. Kang, D. Wei, Y. Li, Y. Deng. A Method of Converting Z-number to Classical Fuzzy Number, *Journal of Information & Computational Science* 9: 3, 2012, p. 703-709
8. J.M. Mendel, R.I. John, F. Liu, Interval type-2 fuzzy logic systems made simple, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems* 14 (6) ,2006, p. 808–821.
9. Banerjee S., Kumar T. Arithmetic Operations on Generalized Trapezoidal Fuzzy Number and its Applications, *Turkish Journal of Fuzzy Systems* (eISSN: 1309–1190) Vol.3, No.1, 2012, p. 16-44
10. J.M. Mendel, R.I. John, F. Liu, Interval type-2 fuzzy logic systems made simple, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems* 14 (6) ,2006, p. 808–821.
11. M.J. Tsai, C.S. Wang, A computing coordination based fuzzy group decision making for web service oriented architecture, *Expert Systems with Applications* 34 (4) ,2008, p. 2921–2936.
12. J. Ma, J. Lu, G. Zhang, Decider: a fuzzy multi-criteria group decision support system, *Knowledge-Based Systems* 23 (1) ,2010, p. 23–31.
13. I.J. Perez, F.J. Cabrerizo, E. Herrera-Viedma, Group decision making problems in a linguistic and dynamic context, *Expert Systems with Applications* 38 (3) 2011, p. 675–1688.
14. Z.S. Xu, Approaches to multi-stage multi-attribute group decision making, *International Journal of Information Technology and Decision Making* 10 (1),2011, p.121–146.
15. J. Pang, J. Liang, Evaluation of the results of multi-attribute group decision making with linguistic information, *Omega-International Journal of Management Science* 40 (3), 2012, p.294–301.
16. W. Wanga, X. Liu, Y. Qin, Multi-attribute group decision making models under interval type-2 fuzzy environment, *Knowledge-Based Systems* 30, 2012, p. 121–128.
17. S.-M. Chen, L.-W. Lee, Fuzzy multiple criteria hierarchical group decision making based on interval type-2 fuzzy sets, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans* 40 (5), 2010, p. 1120–1128.

ECOLOGY

НОВІ НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У СУДНОБУДУВАННІ

Савчук Є. В.

Україна, м. Одеса, Одеський національний морський університет

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31032020/6970

ARTICLE INFO

Received: 23 January 2020

Accepted: 10 March 2020

Published: 31 March 2020

KEYWORDS

IMO,
alternative fuel,
hydrogen fuel,
«clean» electric power,
environmentally friendly vessel.

ABSTRACT

The article analyzes the main problems and prospects for the development of hydrogen energy in shipbuilding. Currently, there is an increase in interest of large companies and government agencies in hydrogen fuel cells (FCs). Two main reasons for this can be distinguished: high fuel cell efficiency (70-80%) and their environmental benefits. But in the near future the mass introduction of technology is unlikely to happen, it is still necessary to solve a number of problems associated with the production and operation of special power plants, and reduce their cost. When technological barriers are overcome, hydrogen energy will reach a new level and, possibly, will be as widespread as traditional or hydropower today.

Citation: Савчук Є. В. (2020) Novi Napriamky Vykorystannia Vodnevoi Enerhetyky u Sudnobuduvanni. *World Science*. 3(55), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal_ws/31032020/6970

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

Вступ. Морська індустрія підійшла до такої точки свого розвитку, коли вибір правильного шляху так чи інакше пов'язаний з цілями декарбонізації. Зокрема, як відомо, на 72-й сесії Комітету по захисту морського середовища (КЗМС) Міжнародної морської організації (ІМО) прийняв первісну стратегію щодо зниження рівня викидів парникових газів з суден (Резолюція МЕРС.304 (72)).

У 2015 році Рамкова конвенція ООН про зміну клімату прийняла Паризьку угоду з довгостроковою метою підтримки зростання температури не вище ніж на 2 °C і продовження зусиль до досягнення показника 1,5 °C шляхом досягнення балансу парникових газів у другій половині цього століття.

Початкова стратегія спрямована на збільшення внеску ІМО у глобальні зусилля щодо викидів парникових газів з суден, зайнятих у міжнародних перевезеннях, та визначення дій, які слід вжити в секторі міжнародних перевезень.

Початкова стратегія ІМО включає наступні рівні прагнень з конкретними цілями зниження рівня викидів парникових газів з суден для міжнародних перевезень [1]:

- інтенсивність викидів вуглецю судна слід знижувати шляхом реалізації подальших етапів конструктивного коефіцієнта енергоефективності (ККЕЕ) для нових суден;
- інтенсивність викидів вуглецю з суден, зайнятих у міжнародних морських перевезеннях, слід знижувати шляхом зниження викидів CO₂ на одиницю транспортної роботи – в середньому по міжнародних морських перевезеннях – принаймні на 40 % до 2030 року, прагнучі забезпечити показник 70 % до 2050 року в порівнянні з 2008 роком;
- рівні викидів парникових газів з суден, задіяних міжнародних морських перевезеннях, повинен досягти максимуму і почати знижуватися якомога швидше зі зниженням загального рівня щорічних викидів парникових газів, принаймні, на 50 % (враховуючи збільшення морських перевезень) до 2050 року в порівнянні з 2008 роком. Також з 1 січня 2020 року вміст

сірки (SO_x) в паливі не повинен бути більше 0,5 % [2]. Представники судноплавної галузі тепер ламають голову над тим, як досягти поставлених цілей.

Зрозуміло, що основний тягар розробки нової стратегії лежить на плечах інженерів і технологів, які повинні запропонувати рішення, покликані скоротити рівень емісії CO_2 , для чого, ймовірно, знадобляться судові двигуни нових оригінальних проектів. Очевидно, що зміни в індустрії будуть радикальними. Однак ключовим фактором руху в бік зниження викидів є використання «чистих» палив.

Серед альтернативних видів палива в даний час розглядаються: скрапленого природний газ (СПГ), скраплений вуглеводневий газ (СВГ), метанол, біопаливо і водень. ІМО зараз розробляє кодекс безпеки (IGF Code) для суден, що використовують газ або інші екологічні види палива. Триває робота в області використання метанолу і палив з низькою температурою займання. Для інших видів палива IGF Code поки не розробляється, що судновласникам необхідно взяти до уваги.

Головними перевагами водню як палива в даний час є необмежені запаси сировини і відсутність або мала кількість шкідливих речовин у відпрацьованих газах.

Сировинна база для отримання водню практично необмежена. Досить сказати, що у Всесвіті це найпоширеніший елемент. У вигляді плазми він становить майже половину маси Сонця і більшості зірок. Гази міжзоряного середовища і газові туманності також в основному складаються з водню.

У земній корі вміст водню становить 1 % по масі, а у воді – найпоширеніший на Землі речовині – 11,19 % по масі. Однак вільний водень зустрічається вкрай рідко і в мінімальних кількостях у вулканічних та інших природних газах.

Водень є унікальним паливом, яке видобувається з води і після згоряння знову утворює воду. Якщо в якості окислювача застосовувати кисень, то єдиним продуктом згоряння буде дистильована вода. При використанні повітря до води додаються оксиди азоту, вміст яких залежить від коефіцієнта надлишку повітря.

Серйозні недоліки водню – висока дифузійна здатність і широка область займистості і вибуховості водневокисневої газової суміші, але ці недоліки вже не є причинами, що перешкоджають його застосуванню на транспорті.

Цікаві тенденції спостерігаються в сфері енергетики морського транспорту, де для широкого впровадження водневих паливних елементів вже давно створені міжнародні консорціуми та Асоціації – FellowSHIP, Fuel Cell Boat BV і Marine Hydrogen & Fuel Cell Association (MHFCA).

На даний момент глобальні інвестиції у водневу енергетику, за різними оцінками, становлять 0,85-1,4 млрд євро на рік.

Результати досліджень. Сьогодні вже можна говорити про те, що використання водню перестало бути одиничними новаторськими проектами і стало впроваджуватись у суднобудуванні.

«Energy Observer» – перший в світі судно-катамаран здатний виробляти водневе паливо у себе на борту з морської води. Це справжня експериментальна платформа, мета якої реалізувати і протестувати в реальних екстремальних умовах нові технології по генерації водню з морської води, продемонструвавши таким чином можливість подальшого застосування цієї технології в усьому світі.

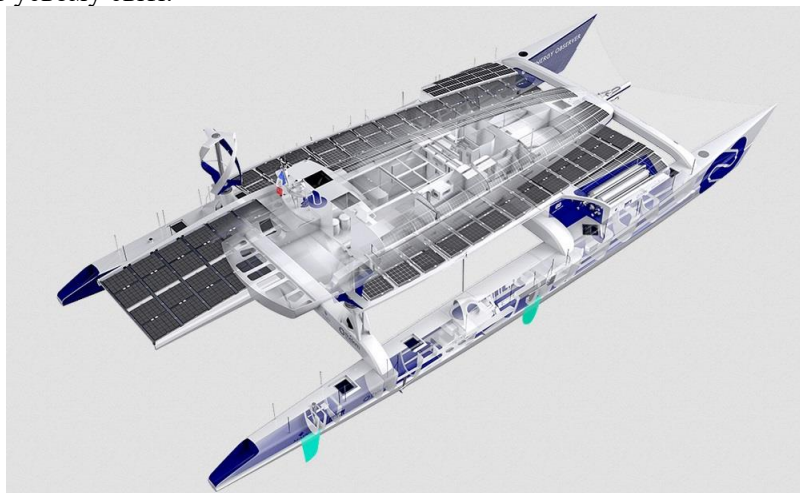


Рис. 1. Катамаран «Energy Observer» [3].

Судно являє собою колишній гоночний катер, на якому створено автономне джерело отримання водню, який є основним паливом судна, з морської води. Крім того в альтернативну систему постачання енергією судна входять 130 м² сонячних панелей, дві турбіни використовують енергію вітру, а також електродвигуни з рекуперативною функцією. Таким чином, судно забезпечене декількома альтернативними засобами отримання енергії, що приводять його в рух в різний час доби і за різних погодних умов.

26 червня 2017 року «Energy Observer» покинув французький порт Сен-Мало без краплі викопного палива на борту і відправився в кругосвітню подорож, яка завершиться в 2023 році. У програмі подорожі заплановано відвідування 50 країн, зі 101 зупинкою в різних точках земної кулі.



Рис. 2. Маршрут «Energy Observer», який планується пройти з 2017 по 2023 р. [3].

Група компаній Compagnie Maritime Belge (СМВ), що експлуатує близько ста суден різного класу, створила пасажирський пором на стиснутому водні. Катамаран отримав назву «Hydroville». Це перше у світі водневе судно, що отримало сертифікат Ллойда. Хрещення судна відбулося 29 листопада 2017 року.



Рис. 3. Пором «Hydroville» [4].

На початковому етапі експлуатації судно буде перевозити співробітників компанії СМВ між Кройбеке і Антверпеном по річці Шельда (Еско), що впадає в Північне море. Компанія СМВ планує використовувати досвід, отриманий при експлуатації порома Hydroville для проектування та будівництва водневих суден великого тоннажу.

Пором «Hydroville» призначений для відпрацювання технологічних, експлуатаційних і нормативних питань, а також демонстрації екологічних та економічних можливостей водневого

палива в цивільному судноплавстві. Оскільки водневе паливо поки ніяк не нормується регістром Ллойда, для проекту «Hydroville» було необхідно виконати комплексний аналіз ризиків.

Пасажи́рська кабі́на поро́ма (місткість 16 осіб) може мати різну конфігурацію: транспортна (4x4), кінозал (крісла розгорнуті в напрямку інформаційного дисплея) і конференц-зал (крісла встановлені навколо великого столу). Задля комфорту пасажирів салон має додатковий шумозахист, безкоштовний «Wi-Fi», зарядні пристрої, два кондиціонери, мініатюрні камбуз і гальюн. На кормі порома є невелика відкрита палуба. Екіпаж порома – дві особи.

При проектуванні і будівництві порома був використаний досвід отриманий при роботі з водневими машинами. Загальна довжина корабля – 14 м; ширина – 4,2 м; осадка – 0,65 м. Крейсерська швидкість – порома 22 вузла, максимальна – 27 вузлів. Споряджена маса – 12 тонн, водотоннажність – 14 тонн. Запас водню зберігається в 12 композитних балонах 4 типу місткістю 250 л кожен під тиском 200 атмосфер. Резервне дизельне паливо зберігається в двох баках ємністю 265 л кожен.

Інженерно-конструкторським підрозділом Ulstein Design & Solutions BV, що входить до групи компаній Ulstein (Норвегія) і розробником паливних елементів Nedstack BV підготовлений проект першого морського судна забезпечення, яке зможе працювати на водневому паливі.



Рис. 4. Макет судна «Ulstein SX190 Zero Emission» [5].

Розробники проекту реалізували концепцію екологічного судна відповідно до нещодавно опублікованого списку DNV GL (Det Norske Veritas Germanischer Lloyd) п'яти найбільш перспективних альтернативних видів палива для судноплавства, в якому водень був визнаний оптимальним рішенням з нульовим рівнем викидів.

Судно забезпечення робіт з монтажу морських установок «Ulstein SX190 Zero Emission» і системою динамічного позиціонування (DP2) стане першим проектом Ulstein з використанням водню, з енергетичною установкою на паливних елементах, розроблених компанією Nedstack BV. Таке судно можна буде використовувати в найрізноманітніших роботах на морському шельфі. Перше таке судно, побудоване за проектом Ulstein може бути передано в експлуатацію у 2022 році.

Судно проекту «Ulstein SX190 Zero Emission» здатне працювати до чотирьох днів в режимі нульових викидів. У майбутньому, з розвитком технологій зберігання водню і паливних елементів, таку екологічну експлуатацію можна буде збільшити до двох тижнів. При більш тривалих морських проектах судно зможе задіяти звичайну дизель-електричну пропульсивну установку, використовуючи в якості бункерного палива низькосірчистий дизель.

Концепція судна «Ulstein SX190 Zero Emission» заснована на наявній платформі «Ulstein SX190» і має загальну встановлену потужність в 7,5 МВт, з яких 2 МВт генерується паливними елементами системи живлення PEM (Polymer Electrolyte Membrane, Proton Exchange Membrane), розробленої Nedstack, які розташовані в окремому, 2-му машинному відсіку. Паливні елементи PEM перетворюють водень і повітря в електроенергію, тепло і воду і в ході процесу не виділяють шкідливих викидів.

Паливні елементи PEM використовуювані в концепції «Ulstein SX190 Zero Emission» заправляються водневим паливом з ємностей під тиском. Вантажно-розвантажувальні операції

з такими резервуарами з воднем прості і не вимагають будь-якого особливого обладнання, що виключає необхідність у створенні дорогої інфраструктури для бункерування судна.

Ємності з воднем можуть бути заправлені на будь-якому підприємстві, де виробляється водень, або воднем з побічних продуктів промисловості або «зеленим» воднем, отриманим методом електролізу, що робить таке судно придатним для використання по всьому світу.

У Німеччині в жовтні 2019 року розпочали будівництво першого в світі буксир-штовхача «Elektra», який буде працювати на гібридному приводі з паливних елементів і акумуляторів [6].



Рис. 5. Макет буксир-штовхача «Elektra» [7].

Нове судно «Elektra» використовуватимуть для річкових вантажоперевезень між Берліном і Гамбургом, а також у самій столиці Німеччини. Одночасно з будівництвом судна створюється і необхідна для його роботи інфраструктура.

Буксир-штовхач «Elektra» має шість пакетів з 20 резервуарів водню для паливних елементів. Вони містять в цілому 750 кілограмів водню і знаходяться під тиском 500 бар. Буксир-штовхач «Elektra» буде довжиною приблизно 20 метрів і шириною 8,5 метра з осадкою 1,25 метра.

Загальна вартість робіт зі створення буксир-штовхача «Elektra» оцінюється в 13 млн євро, при цьому 8 млн євро на проект виділило Федеральне міністерство транспорту і цифрової інфраструктури Німеччини. Будівництво нового екологічного буксира планують завершити у IV кварталі 2020 року.

Голландська фірма Sinot Yacht Architecture & Design розробила супер'яхту «Aqua», яка буде працювати на водневому паливі. Мініатюрну модель яхти вперше показали на виставці в Монако в грудні 2019 року. Проектування яхти зайняло 5 місяців.



Рис. 5. Яхта «Aqua» [8].

Джерелом енергії стане рідкий водень. Його розмістять у двох 28-тонних герметичних резервуарах, охолоджених до -253°C . Резервуари будуть видні через скляну панель біля основи гвинтових сходів в центрі яхти. У паливних елементах водень буде змішуватися з киснем, а побічним продуктом стане вода. Паливо буде живити два двигуни потужністю 1 МВт [9].

Довжина яхти «Aqua» – 112 метрів, ширина – 15,4 метри. На п'ятипалубному судні зможуть розміститися 14 гостей і 31 член екіпажу. Яхта матиме головний павільйон, каскадний басейн, місце для відпочинку на відкритому повітрі, вертолітний майданчик, дві VIP-каюти і чотири звичайних каюти. Всі номери матимуть вікна від підлоги до стелі в мінімалістському японському стилі.

«Aqua» зможе розвивати швидкість в 17 вузлів (більше 30 км/год) і проходити понад 6 тисяч км без дозаправки. Через дефіцит водневих заправок судно буде додатково мати резервний дизельний двигун.

Судно буде побудовано на голландській верфі Feadship, що спеціалізується на будівництві супер- і мегаяхт. Судно спустять на воду не раніше 2024 року.

У 2019 році Євросоюз виділив 5 млн євро на реалізацію Європейського інноваційного проекту FLAGSHIPS – галузевого консорціуму для фінансування будівництва та введення в експлуатацію в Норвегії та Франції двох комерційних суден з водневими паливними елементами з нульовим викидом [10]. Кошти, виділені для проекту FLAGSHIPS, були надані в рамках програми ЄС з досліджень та інновацій «Горизонт 2020» в рамках спільного проекту з впровадження екологічного палива на основі водню.

Проект FLAGSHIPS об'єднує групу партнерів, провідних представників галузі: судновласників, постачальників технологій на паливних елементах, розробників установок електроживлення, фахівців в області інтеграції та виробництва, кораблебудівників та ін.

Мета проекту полягає в тому, щоб двигуни двох суден могли працювати на водні, отриманому з відновлюваних джерел енергії. Це дозволить не тільки експлуатувати судна з нульовим рівнем шкідливих викидів, але і створити міцну основу для подальшого розширення місцевого екологічного морського і річкового транспорту.

Важливою частиною проекту стане вибудовування допоміжної мережі по забезпеченню європейського проекту, що включає поставки водневого палива, проектування і будівництво суден, а також знання в області нормативних актів.

Перше судно будуватиметься в Ліоні (Франція), друге – в м. Ставангер (Норвегія). На Французькій верфі побудують буксир-штовхач на водні і переданий річковій транспортній компанії Compagnie Fluvial de Transport (CFT). Він буде експлуатуватися компанією в якості допоміжного судна на річці Роні.



Рис. 6. Демонстрація в Леоні-це прогулянкове судно, що працює як сервісне судно на Роні [11].

У Ставангері рушійна установка на водневому паливі призначена для вантажо-пасажирського порома (оператор Norled), який буде обслуговувати місцеві транспортні маршрути.

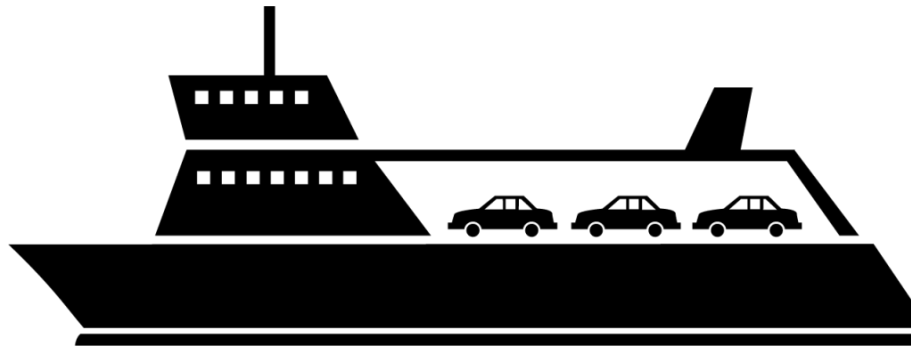


Рис. 7. Демонстрація Stavanger-пасажирський і автомобільний пором, що працює як частина місцевої мережі громадського транспорту[11].

Проект значно знизить капітальні витрати на енергетичні системи морських паливних елементів, використовуючи ноу-хау з існуючих заходів з інтеграції берегових і морських систем.

Водневі судна почнуть працювати протягом 2021 року. Після 18-місячного демонстраційного періоду проекту власники суден розраховують підтримувати судна в нормальній комерційній експлуатації.

Проект буде співпрацювати на широкій основі для завершення необхідної оцінки та затвердження безпеки для двох суден шляхом застосування та подальшої розробки існуючих правил і норм.

Висновки. Екологічні проблеми і зростаючі ціни на паливо ведуть до необхідності пошуку нових рішень для судноплавства. Альтернатив не так багато. Одним із альтернативних джерел енергії в судноплавстві може бути використання водню. Але є деякі фактори, що стримують впровадження водневих технологій:

- більш висока собівартість, ніж у традиційних джерел палива;
- відсутність водневої інфраструктури;
- недосконалі технології зберігання водню;
- відсутність стандартів безпеки, зберігання, транспортування, застосування тощо.

Важливу роль у становленні водневої енергетики відіграє Міжнародна морська організація (IMO). Вона розглядає паливні елементи як частину діяльності підкомітету Організації з контейнерних перевезень Carriage of Cargoes and Containers Sub-Committee, з наміром включити необхідні положення в Міжнародний Кодекс безпеки для суден, що використовують гази та інше паливо з низькою температурою займання (Code of Safety for Ships using Gases or other Low – flashpoint Fuels – IGF). Це є важливим аспектом для розвитку використання водню.

ЛІТЕРАТУРА

1. RESOLUTION MEPC.304(72) (adopted on 13 April 2018) INITIAL IMO STRATEGY ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS. – IMO. – London. – 2018. – 13 p.
2. RESOLUTION MEPC.320(74)/Corr.1 (adopted 17 May 2019) corrected by MEPC 74/18/Add.1/Corr.1 11 September 2019 GUIDELINES FOR CONSISTENT IMPLEMENTATION OF THE 0.50% SULPHUR LIMIT UNDER MARPOL ANNEX VI. – IMO. – London. – 2019. – 19 p.
3. Puteshestvie-vokrug-sveta-na-pervom-ekologicheskii-chistom-sudne – [Electronic resource] – Access mode: <https://ru.unesco.org/courier/oktyabr-dekabr-2017-g/puteshestvie-vokrug-sveta-na-pervom-ekologicheskii-chistom-sudne/>
4. Офіційний веб-сайт HYDROVILLE – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.hydroville.be>.
5. Zero-emission operations in offshore construction market – [Electronic resource] – Access mode: <https://ulstein.com/news/2019/zero-emission-operations-in-offshore-construction-market>.
6. Elektra project to build zero-emissions canal pusher boat in Germany. Fuel Cells Bulletin. Volume 2019, Issue 9, September 2019, Pages 5-6. DOI.10.1016/S1464-2859(19)30366-9.
7. Elektra 1 – [Electronic resource] – Access mode: https://www.marsys.tu-berlin.de/menue/forschung/elektra_1.
8. Офіційний веб-сайт SINOT – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.sinot.com>.
9. The hydrogen-powered superyacht concept radically different market – [Electronic resource] – Access mode: <https://www.imperial-yachts.com/news/sinot-presents-112m-superyacht-project-aqua>.
10. Flagships-project-deploy-two-hydrogen-vessels – [Electronic resource] – Access mode: <https://www.fch.europa.eu/news/flagships-project-deploy-two-hydrogen-vessels>.
11. Офіційний веб-сайт FLAGSHIPS – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.flagships.eu>.

WORLD SCIENCE

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

№ 3(55)
Vol.1, March 2020

MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC EDITION

Indexed by:



RS Global

INDEX  COPERNICUS
I N T E R N A T I O N A L



Academia.edu
share research

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
БИБЛИОТЕКА
LIBRARY.RU

Google
scholar



**BIBLIOTEKA
NARODOWA**



CiteFactor
Academic Scientific Journals

Passed for printing 26.03.2020. Appearance 31.03.2020.

Typeface Times New Roman.

Circulation 300 copies.

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

Numer KRS: 0000672864

REGON: 367026200

NIP: 5213776394

<https://rsglobal.pl/>