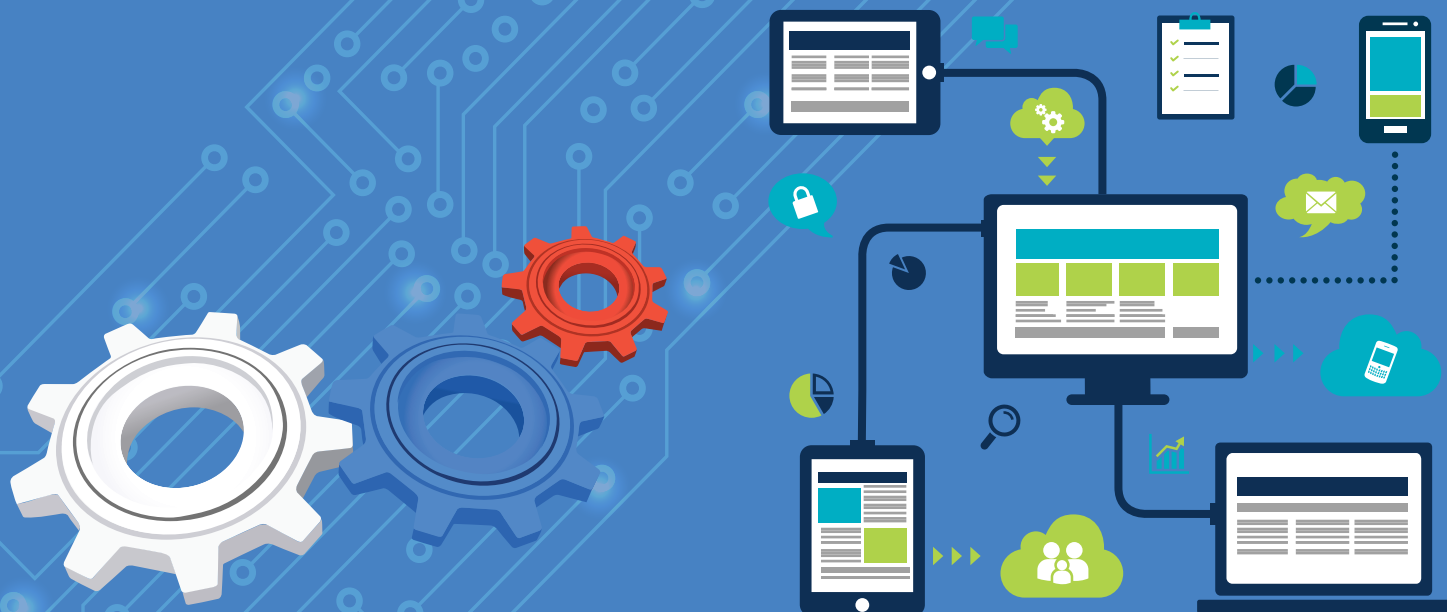


40 VTS
1976 - 2016

**ВИСОКА ТЕХНИЧКА ШКОЛА
СТРУКОВНИХ СТУДИЈА НИШ**



ZBORNIK RADOVA



NIŠ, 2016.



VISOKA TEHNIČKA ŠKOLA STRUKOVNIH STUDIJA U NIŠU

ZBORNİK RADOVA

VISOKE TEHNIČKE ŠKOLE STRUKOVNIH STUDIJA

NIŠ
2016.

ZBORNİK RADOVA
Visoke tehničke škole strukovnih studija u Nišu

Izdavač:

Visoka tehnička škola strukovnih studija
Niš, Aleksandra Medvedeva 20
Tel: (018) 588 211, 588 039, 588 040
Tel/Fax: (018) 588 210
E-mail: info@vtsnis.edu.rs
<http://www.vtsnis.edu.rs>

Urednik:

dr Dejan Blagojević

Recezent:

dr Zoran Milivojević

Tehnička obrada i korice:

Goran Milosavljević, dipl. inž. el.

Štampa:

Punta, Niš

Tiraž:

150 primeraka

ПРЕДГОВОР

Развој високообразовних установа, реализација њихове мисије и испуњавање циљева, представља стожер развоја модерног друштва. Идеје, резултати, закључци, засновани на преданом раду наставног особља високообразовних установа у свим научним пољима, представљају велики развојни потенцијал и капацитет привреде и адекватан одговор на технолошке изазове.

Висока техничка школа струковних студија у Нишу, као модерна установа високог образовања у потпуности извршава своју мисију у погледу повећања капацитета образовних процеса, који прате брз развој привредних потенцијала региона. Кроз праћења развоја модерних технологија њиховим укључивањем у садржаје студијских програма и настојањима за њихову што ширу имплементацију у привредне токове, Висока Техничка Школа из Ниша, својим студентима омогућава стицање неопходне компетенције за успешно укључивање у привредне токове.

Развој високог образовања, у корелацији је са интернационализацијом, као битним елементом подршке, који пробија све баријере, убрзава научне токове, размењује идеје, информације, поспешује мобилност у сваком њеном сегменту и руши све вештачки постављене баријере.

Представљени научно стручни резултати, наставног особља, Високе техничке школе струковних студија из области, информационих технологија, саобраћајног инжењерства, области машинског и индустријског инжењерства и актуелних проблема грађевине и заштите животне средине, па до друштвено хуманистичких наука, јасно истичу актуелне проблеме у овим областима и дају предлоге и моделе за њихова решења.

Такође, свој допринос квалитету овог зборника, пружиле су и колеге са Техничког Универзитета Шухова из Русије са својих седам радова на чему им се искрено захваљујемо. То је само потврда горе исказане потребе и подршке коју интернационализација пружа развоју високог образовања.

По први пут у овом зборнику, представљени су и радови наших студента, објављени на стручним конференцијама у земљи и иностранству, који представљају потврду посвећености наших наставника и сарадника развоју младих стручњака и научног стручног подмлатка.

На овај начин, потврђујемо да смо као представници струке, доследни нашим опредељењима, да заједно са другима стварамо модерно технолошко друштво, које ће бити спремно да одговори технолошким изазовима сутрашњице.

Предложена решења и закључци, засновани су на научним методама, савремени су, оптимизовани и добра основа за даљи развој у поменутих областима. На тај начин, наша установа, њено наставно особље и сви запослени у континуитету дају свој пуни допринос развоју привреде града, региона и шире.

У години када обележавамо 40 година постојања и успешног рада, наставници и сарадници Високе техничке школе струковних студија у Нишу, кроз овај јубиларни зборник, још једном дају свој пуни допринос развоју високог образовања и привреде региона.

в. д. Директора Школе

др Дејан Благојевић

1. IMAGE CLASSIFICATION WITH KERNEL BASED LEARNERS	1
Miloš Stojanović, Stevica Cvetković	
2. DINAMIČKE KARAKTERISTIKE WLAN SISTEMA ZASNOVANOG NA OFDM PRENOSU I SC DIVERZITI TEHNICI	5
Nikola Sekulović, Aleksandra Panajotović	
3. ANALIZA DIMENZIJE VODENOG ŽIGA I FAKTORA INSERTOVANJA NA KVALITET ZAŠTIĆENOG VIDEA	9
Zoran Veličković	
4. TEHNIKA PRISTUPA SERVERU SA PRIVATNOM IP ADRESOM PREVOĐENJEM IP ADRESE I PORTA	13
Dušan Stefanović, Milorad Mančić	
5. PROCENA SUBJEKTIVNE RAZUMLJIVOSTI GOVORA U PRAVOSLAVNOJ CRKVI NA OSNOVU KOMPATIVNE ANALIZE RAZUMLJIVOSTI PLOZIVA I FRIKATIVA SA MEĐUNARODNIM STANDARDOM IEC 60268 - 16	17
Zoran Milivojević, Violeta Stojanović, Dijana Kostić	
6. PREGLED ENERGETSKE POTROŠNJE KOMPONENTI SENZORSKOG ČVORA	21
Miloš Kosanović, Mirko Kosanović	
7. TERMOVIZIJSKI PRISTUP U POSTUPCIMA REVIZIJE I REMONTA TRANSFORMATORSKIH STANICA	25
Dejan Blagojević, Natalija Tošić, Nataša Nešić	
8. ANALIZA SIGNALA MOBILNE TELEFONIJE U PRISUSTVU SMETNJI	29
Srđan Jovković	
9. OPTIMIZACIJA PARAMETRA KVADRATNOG 1P KONVOLUCIONOG JEZGRA MINIMIZIRANJEM TALASAVOSTI SPEKTRALNE KARAKTERISTIKE	33
Nataša Savić, Zoran Milivojević	
10. ANALIZA RADA VIRTUELIZOVANE INFRASTRUKTURE U MREŽI VISOKE TEHNIČKE ŠKOLE	37
Miloš Perić, Goran Milosavljević, Dušan Stefanović	
11. PERFORMANSE OFDM/BDPSK PRIJEMNIKA SA REKONFIGURABILNIM MSDD PRIJEMNIKOM U USLOVIMA FREKVENCIJSKOG OFSETA	41
Slavimir Stošović	
12. PROBLEMI RECIKLAŽNE INDUSTRIJE U REPUBLICI SRBIJI	45
Boban Cvetanović	
13. SISTEMI ZA RECIKLAŽU OTPADNIH ULJA	49
Petar Đekić, Biljana Milutinović	
14. IZRADA PLASTIČNE SPOJNICE ADITIVNOM TEHNOLOGIJOM	53
Miloš Ristić, Aleksandra Pejčić	
15. ANALIZA PRIMENE POSTROJENJA ZA KOGENERACIJU NA GRADSKOJ DEPONIJU U NIŠU	57
Biljana Milutinović, Mladen Tomić	

16. ANALIZA GENERATORA GRAĐEVINSKOG OTPADA U NIŠKOM REGIONU Jelena Bijeljić, Natalija Tošić, Aleksandra Boričić	61
17. UTICAJ RAČUNARA NA ZDRAVLJE ČOVEKA Anica Milošević	65
18. MOGUĆNOST ZA PRIMENU RAZMENJIVAČA TOPLOTE SA PERFORIRANIM PLOČAMA KAO REKUPERATORA TOPLOTE Mladen Tomić, Petar Đekić	69
19. PRIMENA METODA BEZ RAZARANJA ZA DETEKCIJU KOROZIJE Slađana Nedeljković	73
20. PRIMENA CAD SOFTVERA U PROCESU PROJEKTOVANJA MEDICINSKIH UREĐAJA Milan Pavlović, Miloš Ristić	77
21. UPOREDNA ANALIZA VREDNOSTI INDIKATORA UPOTREBE ZAŠTITNIH SISTEMA ZA DECU NA PODRUČJU JUŽNE SRBIJE Dejan Bogičević, Milan Stanković	81
22. PARAMETRI ISTISKIVANJA AL-LEGURA U TOPLOM STANJU I NJIHOV UTICAJ NA KVALITET POVRŠINE ELOKSIRANIH PROFILA Tomislav Marinković, Nada Stojanović	85
23. ANALIZA JAVNOG GRADSKOG PREVOZA U PRIGRADSKIM NASELJIMA Milan Stanković, Dejan Bogičević, Pavle Gladović	89
24. ANALIZA GEOMETRIJSKIH GREŠAKA PRI IZRADI PROFILA OD AL-LEGURA Nada Stojanović, Tomislav Marinković	93
25. IZMERITELJI EFEKTIVNOSTI U TRANSPORTNOM PROCESU Dušan Radosavljević, Marjana Radosavljević	97
26. PRIMENA ADHEZIVA U METALNIM KONSTRUKCIJAMA Nenad Stojković, Dragan Perić	101
27. JAVNI OTVORENI PROSTORI BABUŠNICE, STUDIJA SLUČAJA Dušan Stanojević, Aleksandra Marinković	105
28. PRIMENA SILIKATNE PRAŠINE KAO DODATKA BETONU Milan Protić	109
29. GRAĐEVINSKI MATERIJALI I OTPORNOST PRI POŽARU Danijela Zlatković, Jelena Zlatković	111
30. ORGANIZACIJA I UREĐENJE DVORIŠNIH PROSTORA MUZEJA Ana Peković, Aleksandra Marinković	114
31. PRIMENA PAKETA STATISTICA U KONTROLI KVALITETA PROJEKTA "WAMPPP" Milica Cvetković, Dejan Blagojević, Aleksandra Boričić	119
32. ЕКОЛОШКА ЕТИКА ИНЖЕЊЕРСКИХ КАДРОВА Станиша Димитријевић	123
33. CONSTRUCTIVIST LEARNING THEORIES IN THE DIGITAL CLASSROOM Slađana Živković	127
34. TIHA METODA I TEORIJA UDRUŽENE RADNJE U DIDAKTICI I NJIHOVA MOGUĆA PRIMENA NA POLJU ENGLESKOG JEZIKA ZA POSEBNE NAMENE Danica Milošević	131

35. ZAŠTITA PRAVA NA RAD U REPUBLICI SRBIJI	135
Milica Mladenović	
36. SISTEMSKO INŽENJERSTVO I TEHNOLOGIJA SISTEMA ZA PODRŠKU GRUPNOG ODLUČIVANJA	139
Nevena Nedeljković	
37. BEZBEDNOST RADNE I ŽIVOTNE SREDINE I PRIMENA NOVIH TEHNOLOGIJA	143
Magdalena Krstić Cvetković	
38. REŠAVANJE PROBLEMA PRENOSA TOPLOTE PRIRODNOM KONVEKCIJOM U VENTILISANOM KOSOM KROVU NUMERIČKIM I EKSPERIMENTALNIM PUTEM	147
Dragana Temeljkovski, Dragan Temeljkovski	
39. ВОЗМОЖНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ СОСКЛАДЧАТОГО ГРАНИТООБРАЗОВАНИЯ ДОКЕМБРИЯ	151
Пири Светлана Дмитриевна	
40. В ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ РЫНКА ЖИЛЬЯ Г.БЕЛГОРОДА	155
Ширина Н.В., Калачук Т.Г.	
41. В АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	164
Чернышева Е.В., Серых И.Р., Стаинов В.В., Чернышева А.С.	
42. В ВАРИАЦИОННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНФИГУРАЦИИ ПЛОСКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФЕРМ	166
П Юрьев А.Г., Зинькова В.А.	
43. В ЗЕЛЕНЕЕ СТРОИТЕЛЬСТВО КАК ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ	170
Авилова Ирина Павловна, Крутилова Мария Олеговна	
44. В ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ	174
Прут Эдуард Вениаминович, Черкашина Наталья Игоревна	
45. КИНЕТИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ВОЗМОЖНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ «ДВИЖЕНИЯ» В ЗДАНИЯХ	181
Snezhana Tsurkina, Aleksandar Laketich	
46. STUDENTSKI RADOVI OBJAVLJENI U TOKU KALENDARSKЕ 2016. GOD.	185
THE EVALUATION OF SPEECH INTELLIGIBILITY IN THE ORTHODOX CHURCH ON THE BASIS OF MOS TEST INTELLIGIBILITY LOGATOM TYPE CCV	
Dijana Kostić, Zoran Milivojević and Violeta Stojanović	
SERBIAN SENTENCE MATRIX TEST FOR SPEECH INTELLIGIBILITY MEASUREMENT IN DIFFERENT REVERBERANT CONDITIONS	
Zoran Milivojević, Dijana Kostić, Zoran Veličković, Darko Brodić	
ANALIZA PONAŠANJA PEŠAKA KAO UČESNIKA U SAOBRAĆAJU NA TERITORIJI OPŠTINE PIROT	
Čanić Aleksandar, Mladenović Milica	

IMAGE CLASSIFICATION WITH KERNEL BASED LEARNERS

Miloš B. Stojanović, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš*
Stevica S. Cvetković, *Elektronski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, Niš*

Abstract – In this paper we investigate opportunities for application of Kernel based learners to the problem of multiclass image classification. Concretely, Kernel based Extreme Learning Machines (K-ELM) are combined with Local Binary Pattern (LBP) image descriptor. LBP is widely used global image descriptor characterized by compactness and robustness to illumination and resolution changes. Experimental evaluation on two standard benchmark datasets consisting of thousands images has demonstrated high accuracy of results and low computational time of the presented method.

Keywords – Image classification, Kernel based learners, Local binary patterns.

I. INTRODUCTION

One of crucial problems in computer vision research is image classification based on visual content. The goal of an image classification system is to assign a category label with the most similar visual content, to the given query image. Visual similarity between images is commonly measured using robust and compact image descriptors (features).

A large set of visual descriptors is available in the literature [1, 13]. The choice of the descriptor essentially affects the overall performance of the classification system. Local Binary Pattern (LBP) is one of the most widely used descriptor due to robustness to resolution and lighting changes, low computational complexity, and compact representation [2, 3, 4, 7]. The second crucial part of the system is machine learning technique to be applied for classification of descriptors. Support Vector Machine (SVM) is the most widely used machine learning technique for image classification purpose [5, 6].

In this paper we investigate application of Kernel based Extreme Learning Machines (K-ELM) [8, 9, 10, 11, 12] for image classification, as an alternative to the commonly used SVM technique. The training of the SVM is based on solving quadric programming problem, which is usually time consuming when the number of training examples is large. Beside that SVMs are originally proposed for binary classification, while for the multi-class classification one-against-all (OAA) or one-against-one (OAO) approaches must be used in SVM implementation. On the other hand, K-ELM shows much better generalization performances for multiclass classification cases, and has better scalability and much faster training speed, compared with SVM [9].

In the rest of the paper we first give an overview of K-ELM classification method for multi-class image classification. Then we describe the process of LBP descriptor extraction. Finally, experimental evaluation and conclusion are presented.

II. KERNEL BASED EXTREME LEARNING MACHINES

Let us define N training examples as $(\mathbf{x}_j, \mathbf{y}_j)$ where $\mathbf{x}_j = [x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jn}]^T \in \mathbf{R}^n$ denotes j -th training instance of dimension n and $\mathbf{y}_j = [y_{j1}, y_{j2}, \dots, y_{jm}]^T \in \mathbf{R}^m$ represents j -th training label of dimension m , where m is the number of classes. LBP image descriptor, which will be described in the next section, will further be denoted as \mathbf{x}_j . As \mathbf{y}_j , we will denote m dimensional vector of binary class labels with value "1" denoting membership to the class. SLFN with activation function $h(x)$ and L hidden neurons could be defined as:

$$\sum_{i=1}^L \beta_i h(\mathbf{w}_i \cdot \mathbf{x}_j + b_i) = \mathbf{f}_j, j = 1, \dots, N \quad (1)$$

where $\mathbf{w}_i = [w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{in}]^T$ denotes the vector of weights which connects the i^{th} hidden neuron and all input neurons, $\beta_i = [\beta_{i1}, \beta_{i2}, \dots, \beta_{im}]^T$ is the weight vector which connects i^{th} hidden neuron and all output neurons, and b_i is the bias of the i^{th} hidden neuron. By ELM theory [8], \mathbf{w}_i and b_i can be assigned in advance randomly and independently, without a priori knowledge of the input data. The ELM network structure is presented in Figure 1.

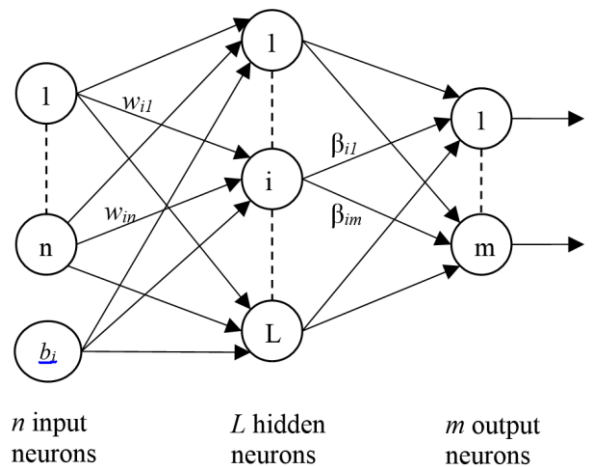


Fig. 1. Structure of an ELM network.

SLFN in (1) should satisfy $\sum_{i=1}^L \|\mathbf{f}_i - \mathbf{y}_i\| = 0$, i.e., there exist β_i , \mathbf{w}_i and b_i such that:

$$\sum_{i=1}^L \beta_i h(\mathbf{w}_i \cdot \mathbf{x}_j + b_i) = \mathbf{y}_j, j = 1, \dots, N \quad (2)$$

The equivalent compact matrix form of (2) can be written as

$$\mathbf{H}\boldsymbol{\beta} = \mathbf{Y} \quad (3)$$

where \mathbf{H} in (3) represents the hidden layer output matrix of the neural network; the i^{th} column of \mathbf{H} represents the i^{th} hidden neuron's output vector in regard to inputs $\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots, \mathbf{x}_N$.

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} h(\mathbf{w}_1 \cdot \mathbf{x}_1 + b_1) & \cdots & h(\mathbf{w}_L \cdot \mathbf{x}_1 + b_L) \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ h(\mathbf{w}_1 \cdot \mathbf{x}_N + b_1) & \cdots & h(\mathbf{w}_L \cdot \mathbf{x}_N + b_L) \end{bmatrix}_{N \times L} \quad (4)$$

and

$$\boldsymbol{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_1^T \\ \vdots \\ \beta_L^T \end{bmatrix}_{L \times m} \quad \text{and} \quad \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1^T \\ \vdots \\ \mathbf{y}_N^T \end{bmatrix}_{N \times m} \quad (5)$$

Although the output weights can be analytically determined by finding the unique smallest norm least-squares solution of the linear system (3) in order to improve the performance the constrained optimization problem can be formed for ELM multiclass classifier with multiple outputs, as shown in [9]:

$$\text{Minimize} : L_p = \frac{1}{2} \|\boldsymbol{\beta}\|^2 + C \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \|\boldsymbol{\xi}_i\|^2 \quad (6)$$

$$\text{Subject to} : h(\mathbf{x}_j) \boldsymbol{\beta} = \mathbf{y}_j^T - \boldsymbol{\xi}_j^T, j = 1, \dots, N$$

where $\boldsymbol{\xi}_j = [\xi_{j1}, \dots, \xi_{jm}]^T$ is the training vector of the m output nodes with respect to the training sample x_i , while C represents tradeoff parameter between model complexity and allowed errors ξ_j during training. Based on *Karush - Kuhn - Tucker (KKT)* theorem, the optimization problem defined in (6) is equivalent of solving the dual optimization problem:

$$L_D = \frac{1}{2} \|\boldsymbol{\beta}\|^2 + C \frac{1}{2} \sum_{j=1}^N \|\boldsymbol{\xi}_j\|^2 - \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^m \alpha_{ji} (h(\mathbf{x}_j) \boldsymbol{\beta}_i - \mathbf{y}_{ji} + \xi_{ji}) \quad (7)$$

where $\alpha_j = [\alpha_{j1}, \dots, \alpha_{jm}]^T$ are Lagrange multipliers.

After solving (7) based on *KKT* conditions, which can be found in detail in [9], the following solution is obtained:

$$\boldsymbol{\beta} = \left(\frac{\mathbf{I}}{C} + \mathbf{H}^T \mathbf{H} \right)^{-1} \mathbf{H}^T \mathbf{Y} \quad (8)$$

and the decision function of ELM classifier is:

$$f(\mathbf{x}) = h(\mathbf{x}) \boldsymbol{\beta} = h(\mathbf{x}) \mathbf{H}^T \left(\frac{\mathbf{I}}{C} + \mathbf{H}^T \mathbf{H} \right)^{-1} \mathbf{Y} \quad (9)$$

If feature mapping $h(\mathbf{x})$ is unknown, we can apply Mercer's condition on ELM. We can define kernel matrix for ELM as:

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\Omega}_{ELM} &= \mathbf{H} \mathbf{H}^T \\ \boldsymbol{\Omega}_{ELM i,j} &= h(\mathbf{x}_i) h(\mathbf{x}_j) = K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) \end{aligned} \quad (10)$$

In KELM $\mathbf{H} = [h(\mathbf{x}_1)^T \dots h(\mathbf{x}_N)^T]^T$ represents hidden layer output matrix which maps data \mathbf{x}_i from the input space to the hidden layer feature space and it is irrelevant to target values y_i and number of output nodes m . The kernel matrix $\boldsymbol{\Omega}_{ELM} = \mathbf{H} \mathbf{H}^T$ is related only to input data \mathbf{x}_i and number of training samples N , for regression, binary classification and multi class classification.

Then, the output function of ELM classifier (9) can be written compactly as:

$$f(\mathbf{x}) = \left(\begin{bmatrix} K(\mathbf{x}, \mathbf{x}_1) \\ \vdots \\ K(\mathbf{x}, \mathbf{x}_N) \end{bmatrix}^T \left(\frac{\mathbf{I}}{C} + \boldsymbol{\Omega}_{ELM} \right)^{-1} \mathbf{Y} \right) \quad (11)$$

In this case the feature mapping $h(\mathbf{x})$ does not need to be defined by users, as well as the dimensionality of feature space L (number of hidden nodes), just its kernel $K(\mathbf{u}, \mathbf{v})$. In our experiments RBF kernel is used, defined as:

$$K(\mathbf{u}, \mathbf{v}) = \exp(-\gamma \|\mathbf{u} - \mathbf{v}\|^2) \quad (12)$$

where γ represents parameter of Gaussian kernel. It can be noted from (11) and (12) that optimal combination of parameters C and γ have to be obtained in order to achieve good generalization performance.

III. LOCAL BINARY PATTERNS (LBP)

Local Binary Pattern (LBP) is a popular image descriptor that captures local appearance around a pixel. LBP descriptor of the complete image is formed as a histogram of quantized LBP values computed for every pixel of the image. It was introduced in [4] for the texture classification problem, and extended to general neighborhood sizes and rotation

invariance in [2]. Since then, LBP has been extended and applied to variety of applications [3].

For a given image I , the local LBP descriptor centered on pixel $I(x, y)$ is an array of 8 bits, with one bit encoding each of the pixels in the 3×3 neighborhood (Fig 2.). Each neighbor bit is set to 0 or 1, depending on whether the intensity of the corresponding pixel is greater than the intensity of the central pixel. To form the binary array, neighbors are scanned starting from the one to the right, at position $I(x+1, y)$, in anti-clockwise order.

a) Pixel intensities	b) Thresholded difference	c) LBP																		
<table style="border-collapse: collapse; width: 100px;"> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">167</td><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">221</td><td style="padding: 2px 5px;">221</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">147</td><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">217</td><td style="padding: 2px 5px;">198</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">132</td><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">230</td><td style="padding: 2px 5px;">212</td></tr> </table>	167	221	221	147	217	198	132	230	212	<table style="border-collapse: collapse; width: 100px;"> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">0</td><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">1</td><td style="padding: 2px 5px;">1</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">0</td><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;"></td><td style="padding: 2px 5px;">0</td></tr> <tr><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">0</td><td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 5px;">1</td><td style="padding: 2px 5px;">0</td></tr> </table>	0	1	1	0		0	0	1	0	01100010
167	221	221																		
147	217	198																		
132	230	212																		
0	1	1																		
0		0																		
0	1	0																		

Fig. 2. Example of a LBP extraction process for central pixel of intensity 217.

If 3×3 neighborhood is used, there are 256 possible basic LBP codes. Using an extension from [2], this can be further reduced into a smaller number of patterns (58), which forms in a rotation-invariant descriptor. The extension is inspired by the fact that some binary patterns occur more frequently than others.

To describe the complete image, the quantized LBP patterns are grouped into histograms. The image could be divided into blocks, with a histogram computed for every block and concatenated to form the final descriptor. In our method we used only one image block, i.e. a global histogram is computed for the complete image.

To include image details at multiple scales, we extracted LBP histograms over the original image and several times resized image. Resizing is done to the half width and height of the original image using bicubic interpolation method.

Color image information is exploited by first converting an image into $YCbCr$ color space and using all three color channels for LBP extraction. Final descriptor is formed by

concatenation of the LBP histograms extracted at 3 scales (original + 2 downsampled) and 3 color channels. The computed image descriptor contains $3 \times 3 \times 58 = 522$ dimensions.

IV. EXPERIMENTAL RESULTS

Test of the proposed method is performed over two publicly available datasets: 8-scenes dataset [15] and Corel1000 dataset [7]. The first dataset consists of 2688 color images of outdoor scenes classified in 8 categories, while the second dataset contains 1000 images classified into 10 categories. Both datasets are characterized by large intra-category variations, which makes this dataset close to the real world image classification scenario.

We implemented the method in MATLAB and used it to measure the classification accuracy and time performance. To achieve correctness of results, tests were repeated for 50 times over random partitions of every category. We experimented with different number of training images per class. Classification accuracy results are presented in Table 1 and Table 2.

We further measured average training and testing time of the method on an *Intel Core i7 3.5GHz* computer. Training time of the complete training set was less than 1 second, while classification of a test image is done instantly ($< 0.1\text{ms}$). These results demonstrate high performances in terms of training and test speed on the test dataset.

In order to compare results of the ELM with other common classification techniques, we measured accuracy of the Linear SVM and kernelized RBF SVM [14], on the same dataset. Linear SVM parameter C was set to value 0.1. RBF SVM optimal parameters were determined by grid-search and 5-fold cross-validation, where C was examined in range $[2^{-4}, \dots, 2^{10}]$, and γ in range $[2^{-10}, \dots, 2^4]$. On the other hand, parameters of K-ELM were set to fixed values $C=10$ and $\gamma=2^{10}$. It can be noted from experimental results that in terms of accuracy ELM constantly outperforms both Linear SVM and kernelized RBF SVM, without additional computational costs.

Table 1. Comparison of classification accuracy on 8-scenes dataset [15] depending on the number of training images per class. Standard deviations are given in brackets.

	Number of training images per class		
	200	100	50
K-ELM	87.09 (± 0.56)	84.72 (± 0.59)	82.05 (± 0.81)
SVM (kernel) [14]	86.21 (± 0.63)	83.98 (± 0.68)	81.05 (± 0.74)
SVM (linear) [14]	84.49 (± 0.91)	82.86 (± 0.61)	79.53 (± 0.91)

Table 2. Comparison of classification accuracy on Corel1000 dataset [7] depending on the percent of training images per class.

	Percent of training images per class		
	80%	50%	20%
K-ELM	90.86 (± 1.32)	89.58 (± 1.24)	85.49 (± 1.07)
SVM (kernel) [14]	90.79 (± 1.92)	88.26 (± 1.62)	84.04 (± 0.87)
SVM (linear) [14]	89.62 (± 1.27)	87.65 (± 1.03)	83.41 (± 1.25)

V. CONCLUSION

In this study we presented results of our research in the field of automatic image classification using Kernel based ELM classifier (K-ELM) combined with LBP image descriptor. K-ELM classifier could be used as an effective alternative to the commonly used SVM methods. We reached high level of classification accuracy on both test datasets. Therefore, it can be concluded that combination of K-ELM classifier with the LBP image descriptor is reasonable choice for image classification applications. In the further research, we plan to investigate integration of other image descriptors combined with K-ELM classifier. Particularly we will focus our research on fusion of color and texture descriptors.

REFERENCES

- [1] Xin Zhang, Yee-Hong Yang, Zhiguang Han, Hui Wang, and Chao Gao, "Object class detection: A survey," *ACM Computing Surveys*, 46, 1, Article 10, July 2013.
- [2] T. Ojala, M. Pietikäinen and T. Mäenpää, "Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with Local Binary Patterns," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 24(7), pp. 971-987, 2002.
- [3] M. Pietikäinen and G. Zhao, "Two decades of local binary patterns: A survey," In: E Bingham, S Kaski, J Laaksonen & J Lampinen (eds) *Advances in Independent Component Analysis and Learning Machines*, Elsevier, 2015.
- [4] T. Ojala, M. Pietikäinen, and D. Harwood, "A Comparative Study of Texture Measures with Classification Based on Feature Distributions", *Pattern Recognition*, vol. 29, pp. 51-59, 1996.
- [5] S. Lazebnik, C. Schmid, and J. Ponce, "Beyond Bags of Features: Spatial Pyramid Matching for Recognizing Natural Scene Categories," *2006 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 2, pp. 2169-2178, 2006.
- [6] C.-C. Chang and C.-J. Lin, "LIBSVM: A Library for Support Vector Machines," *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, vol. 2, no. 3, pp. 27:1-27:27, May 2011.
- [7] James Z. Wang, Jia Li, Gio Wiederhold, "SIMPLiCity: Semantics-Sensitive Integrated Matching for Picture Libraries," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 23, no. 9, pp. 947-963, 2001.
- [8] G.-B. Huang, Q.-Y. Zhu, and C.-K. Siew, "Extreme learning machine: Theory and applications," *Neurocomputing*, vol. 70, no. 1-3, pp. 489-501, 2006.
- [9] G.-B. Huang, H. Zhou, X. Ding, and R. Zhang, "Extreme Learning Machine for Regression and Multiclass Classification," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part B: Cybernetics*, vol. 42, no. 2, pp. 513-529, 2012.
- [10] L. L. C. Kasun, H. Zhou, G.-B. Huang, and C. M. Vong, "Representational Learning with Extreme Learning Machine for Big Data," *IEEE Intelligent Systems*, vol. 28, no. 6, pp. 31-34, December 2013.
- [11] G. Huang, G.-B. Huang, S. Song, and K. You, "Trends in Extreme Learning Machines: A Review," *Neural Networks*, vol. 61, no. 1, pp. 32-48, 2015.
- [12] Stevica Cvetković, Miloš B. Stojanović, Saša V. Nikolić, "Multi-channel descriptors and ensemble of Extreme Learning Machines for classification of remote sensing images," *Signal Processing: Image Communication*, vol. 39, 2015, pp. 111-120.
- [13] R. Szeliski, *Computer Vision: Algorithms and Applications*, Springer, 2011.
- [14] C.-C. Chang and C.-J. Lin, "LIBSVM: A Library for Support Vector Machines," *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, vol. 2, no. 3, pp. 27:1-27:27, May 2011.
- [15] A. Oliva, A. Torralba, Modeling the Shape of the Scene: A Holistic Representation of the Spatial Envelope, *International Journal of Computer Vision*, vol. 42, no. 3, 2001, pp. 145-175.

DINAMIČKE KARAKTERISTIKE WLAN SISTEMA ZASNOVANOG NA OFDM PRENOSU I SC DIVERZITI TEHNICI

DYNAMIC CHARACTERISTICS OF OFDM-BASED WLAN SYSTEM WITH SC DIVERSITY

Nikola Sekulović, *Visoka tehnička škola strukovnih studija, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Aleksandra Panajotović, *Elektronski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, Niš.*

Sadržaj – U ovom radu razmatrano je kako diverziti algoritmi bazirani na selektivnom kombinovanju utiču na dinamičke karakteristike WLAN (Wireless Local Area Networks) sistema sa OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) prenosom koji su u saglasnosti sa IEEE 802.11n standardom. Naime, simulirane su statističke karakteristike drugog reda, učestanost preseka nivoa i srednje vreme trajanja fedinga, u cilju dizajna najadekvatnijeg prijemnika za razmatrano bežično okruženje.

Ključne reči: Učestanost preseka nivoa. Srednje vreme trajanja fedinga. Diverziti. Feding. OFDM. Simulacija.

Abstract – This paper investigates how diversity algorithms relied on selection combining influence on dynamic characteristics of OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)-based WLAN (Wireless Local Area Networks) system compliant with IEEE 802.11n standard. Namely, second order performance metrics are simulated, average level crossing rate (LCR) and average fade duration (AFD), in order to determine the most adequate receiver design for certain wireless environment.

Key words: Average level crossing rate. Average fade duration. Diversity. Fading. OFDM. Simulation.

1. UVOD

Poslednjih godina zabeležen je enorman rast broja uređaja koji se vezuju u bežičnu mrežu, a i zahtevi njihovih korisnika za količinom podataka i kvalitetom prenosa postaju sve veći. Tehnike koje mogu odgovoriti na prohteve za većim kapacitetom i većom pouzdanošću sistema su višeantenski pristup i OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) prenos [1].

Prostorni diverziti spada u višeantensku tehniku baziranu na prijemu iste informacije od strane većeg broja antena. Na ovaj način smanjuje se verovatnoća otkaza sistema jer sa povećanjem broja antena smanjuje se mogućnost da svi kanali budu u dubokom fedingu, tj. izloženi jakom negativnom uticaju višepropagacijskog efekta. Tri najčešće primenjivane diverziti tehnike su: tehnika selektivnog kombinovanja SC (Selection Combining), MRC (Maximal Ratio Combining) tehnika i EGC (Equal Gain Combining) tehnika. MRC tehnika je najzahtevnija za praktičnu realizaciju, ali njenom primenom se obezbeđuju najbolje performanse sistema. Sa druge strane SC tehnika, najprimenjivanija u praksi, ima najjednostavniju realizaciju, ali i manji doprinos u poboljšanju performansi sistema primenom diverziti tehnike [2].

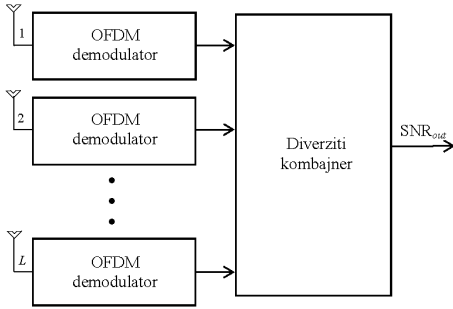
OFDM tehnika predstavlja efikasan način da se skoro u potpunosti izbegne intersimbolska interferencija u frekvencijski zavisnom kanalu i to na taj način što se širokopojasni

frekvencijski zavisni kanal transformiše u više paralelnih uskopojasnih frekvencijski nezavisnih kanala čiji su nosioci uzajamno ortogonalni. Zajedno sa ubacivanjem zaštitnog vremenskog intervala, tzv. cikličnog prefiksa, obezbeđuje se prenos bez intersimbolske interferencije [3].

U zavisnosti od propagacionog okruženja razvijen je veći broj modela koji opisuju statističko ponašanje envelope signala u bežičnom kanalu. Najčešće su korišćeni Rejljev, Rajsov, Nakagami-*m* i Vejbulov model. U radovima [4] i [5] prikazano je kako diverziti tehnika, primenjena na predaji ili prijemu, utiče na poboljšanje performansi sistema sa OFDM prenosom u kanalu sa Rejljevim i Rajsovim fedingom. Kapacitet višeantenskog MIMO (Multiple Input Multiple Output) sistema sa OFDM prenosom je proučavan u radovima [6] - [8] za gore pomenute fedinge. Verovatnoća otkaza i kapacitet (statističke karakteristike prvog reda) MIMO sistema sa OFDM prenosom, koji zadovoljava IEEE 802.11n standard, analizirani su u radovima [9] i [10] koristeći merene rezultate pri simulaciji MIMO linka. Te analize su u ovom radu proširene na statističke karakteristike drugog reda, tačnije na učestanost preseka nivoa (Average Level Crossing Rate - LCR) i srednje trajanje fedinga (Average Fade Duration - AFD).

2. SC PRIJEMNIK ZA OFDM PRENOS

Generalno govoreći SC tehnika je zasnovana na odabiru diverziti antene sa najvećom trenutnom vrednošću odnosa signal-šum (*Signal-to-Noise Ratio* - SNR) [2]. Međutim, u sistemima sa OFDM prenosom, primenjuju se dva različita algoritma selektivnog kombinovanja, širokopojasni SC i uskopojasni SC. Diverziti prijemnik za OFDM prenos je prikazan sa slici 1 [9].



Slika 1. Diverziti prijemnik za OFDM prenos.

2.1. Širokopojasni SC

U sistemu sa širokopojasnim SC prijemnikom, selektuje se antena koja je generalno najbolja za sve podnosioc u OFDM simbolu. Selektovana antena zadovoljava sledeći uslov [9]:

$$j = \arg \max_{i=(1, \dots, L)} \left\{ \sum_{k=1}^{N_d} |h_{i,1}[f_k]|^2 \right\}, \quad (1)$$

gde N_d je broj podnosioca u OFDM simbolu, a f_k je k -ti podnosioc. $h_{i,1}[f_k]$ predstavlja kompleksnu veličinu koja opisuje kanal između predajne i i -te prijemne antene na frekvenciji f_k .

2.2. Uskopojasni SC

U ovom prijemniku proces odabira antene se obavlja za svaki pojedinačni podnosioc poštujući sledeći uslov [9]:

$$j = \arg \max_{i=(1, \dots, L)} \left\{ |h_{i,1}[f_k]|^2 \right\}, \quad (2)$$

tj. pojedinačno se bira antena najbolja za svaki podnosioc.

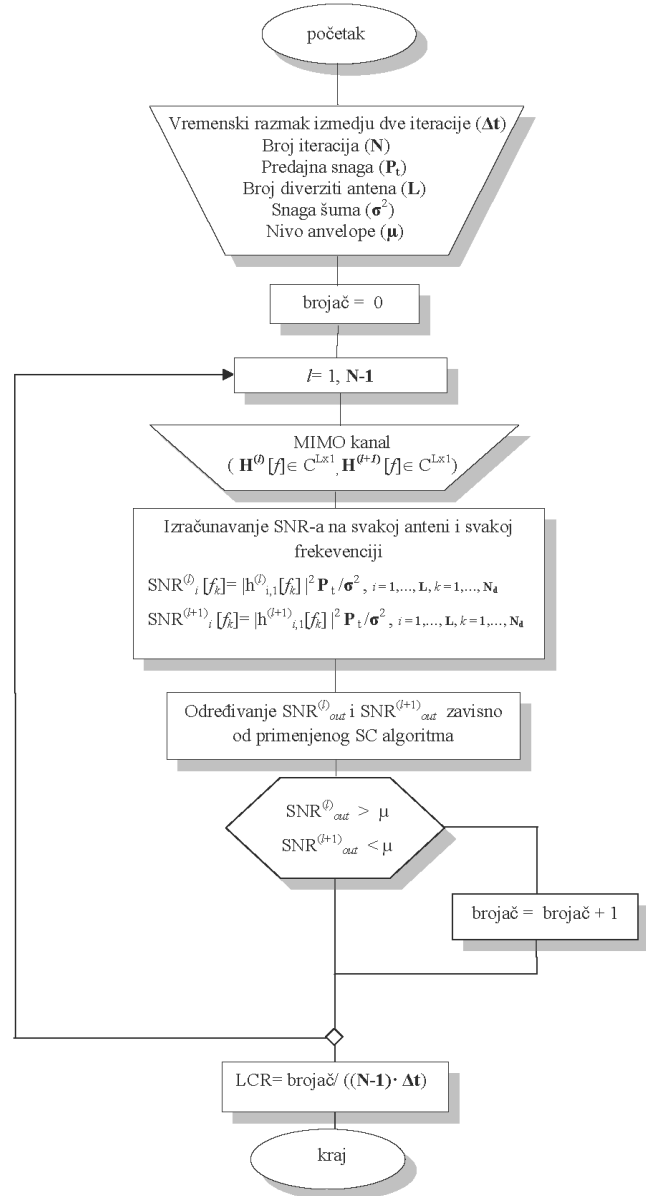
3. LCR I AFD

U statističke karakteristike drugog reda spadaju LCR i AFD, i kao takve ne zavise samo od okruženja u kojem se obavlja bežični prenos, već i od brzine mobilne stanice [11]. One su izuzetno korisne veličine pri izboru dužine bloka za kodovanje paketskih sistema, projektovanju kodova sa konkatencijom sa i bez interlivinga, optimizaciji veličine interlivera, izboru kapaciteta bafera za šeme adaptivne modulacije i proceni komunikacionih protokola [12].

Brzina kojom anvelopa preseca unapred određeni nivo $\gamma = \sqrt{\mu}$ sa pozitivnim (ili negativnim) izvodom anvelope u tački preseka predstavlja učestanost preseka nivoa, tj. LCR. Srednje trajanje fedinga, tj. AFD, predstavlja srednje vreme

za koje se anvelopa signala nalazi ispod zadanog nivoa γ i dobija se kao količnik verovatnoće otkaza i učestanosti preseka nivoa γ [11].

Koristeći gore navedene definicije za statističke karakteristike drugog reda i proces modelovanja prijemnika sa selektivnim kombinovanjem za OFDM prenos, simulirani su LCR i AFD sistema koji je u saglasnosti sa IEEE 802.11n standardom. Proces simulacije LCR-a je prikazan u algoritamskom obliku na slici 2. Algoritam za simulaciju verovatnoće otkaza može se naći u radu [9].

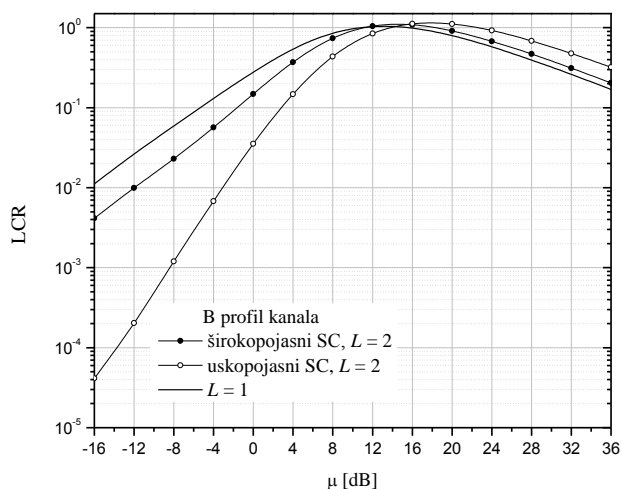


Slika 2. Simulacija LCR-a SIMO sistema sa OFDM prenosom i SC prijemnikom.

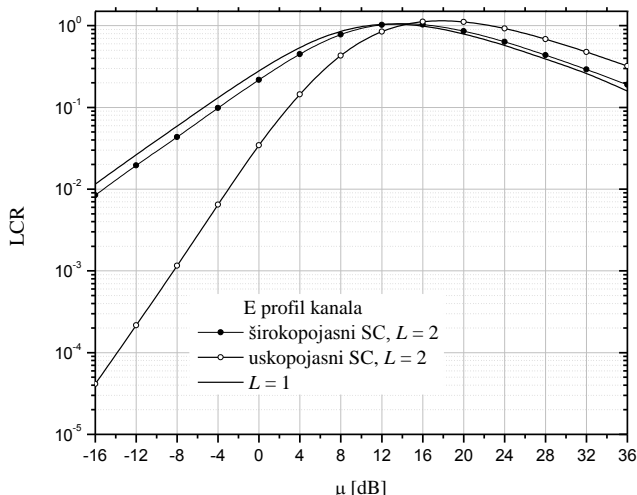
Za simulaciju SIMO (*Single Input Multiple Output*) linka korišćen je model MIMO kanala koji se opisuje malim brojem parametara (MIMO kanalna matrica, dve korelacione matrice koje opisuju korelaciju na oba kraja i Doplerov spektar kanala) i čije su vrednosti određene merenjem što predstavlja glavnu prednost ovog modela [13]. Simuliran je rad predstavljenog sistema u dva bežična okruženja poznata kao kanali B i E profila. B profil kanala predstavlja prenos gde je bazna stanica van objekta i otprilike 30m udaljena od

korisnika koji je u zatvorenom prostoru. E profil kanala je karakterističan za aerodrome i ogromne kancelarije gde se sav prenos obavlja unutar ogromnog zatvorenog prostora.

Na slikama 3 i 4 prikazana je učestanost preseka nivoa za SIMO sistem sa OFDM prenosom i SC prijemnikom sa dve diverziti antene. Jasno se može videti da su performanse SI-SO (*Single Input Single Output*) sistema ($L = 1$) skoro nezavisne od profila kanala i da za niske vrednosti nivoa signala uskopojasni SC prijemnik obezbeđuje podjednak diverziti dobitak za oba profila kanala. Diverziti dobitak ostvaren sa širokopojasnim SC prijemnikom je mali, naročito u kanalu E profila što se može objasniti njegovom frekvencijskom zavisnošću. Za visoke vrednosti nivoa signala, veće od 10 dB, sistemi sa širokopojasnim i uskopojasnim SC prijemnikom pokazuju prilično slične performanse.



Slika 3. Učestanost preseka nivoa SIMO sistema sa OFDM prenosom i SC prijemnikom u kanalu B profila.

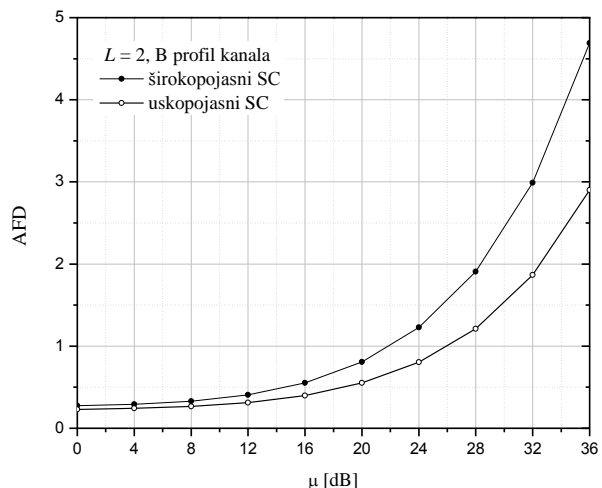


Slika 4. Učestanost preseka nivoa SIMO sistema sa OFDM prenosom i SC prijemnikom u kanalu E profila.

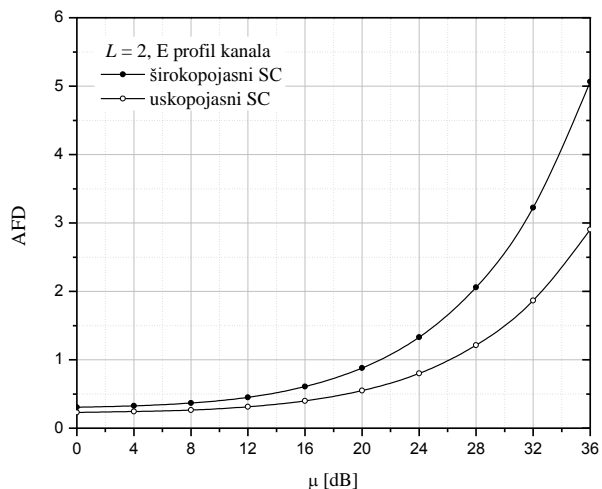
Srednje vreme trajanja fedinga za razmatrane sisteme prikazano je na slikama 5 i 6. Prikazani rezultati su dobijeni korišćenjem rezultata za verovatnoću otkaza predstavljenih u [9]. Rezultati sa ovih slika su u saglasnosti sa slikama gde je

prikazana učestanost preseka nivoa, tačnije sistem sa širokopojasnim SC prijemnikom u kanalu E profila je najduže u dubokom fedingu, dok za razliku od njega uskopojasni SC prijemnik je najkraće vreme u dubokom fedingu.

Simulacioni rezultati prikazani u ovom poglavlju nepo- bitno daju prednost uskopojasnom SC prijemniku u odnosu na širokopojasni SC. Međutim, mora se naglasiti da je uskopojasni SC prijemnik zahtevniji za realizaciju jer broj procesa odlučivanja je N_d puta veći nego kod širokopojasnog SC-a.



Slika 5. Srednje vreme trajanja fedinga SIMO sistema sa OFDM prenosom i SC prijemnikom u kanalu B profila.



Slika 6. Srednje vreme trajanja fedinga SIMO sistema sa OFDM prenosom i SC prijemnikom u kanalu E profila.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu proučavali smo uticaj različitih algoritama selektovanja na dinamičke karakteristike SIMO sistema sa OFDM prenosom koji je u saglasnosti sa IEEE 802.11n standardom i na taj način upotpunili naš prethodni istraživački rad u kome smo razmatrali statističke karakteristike prvo reda proučavanog sistema. Pokazano je da i u slučaju kada je fokus na statističkim karakteristikama drugog reda, neophodno praviti kompromis između kompleksnosti realizacije samog sistema i poboljšanja performansi sistema.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je deo projekata III-44006 i TR 32052 finansiranih od strane Ministarstva za prosvetu i nauku Republike Srbije.

Zahvaljujemo se našoj dragoj kolegici dr Tijani Dimitrijević na tehničkoj podršci prilikom dobijanja rezultata prezentovanih u ovom radu.

LITERATURA

- [1] Y. S. Cho, J. Kim, W. Y. Yang and C. -G. Kang, *MIMO-OFDM Wireless Communications with MATLAB*, Singapore: Wiley, 2010.
- [2] M. K. Simon and M. -S. Alouini, *Digital Communications over Fading Channels*, New York: Wiley, 2005.
- [3] R. Prasad, *OFDM for Wireless Communications*, London: Artech House, 2004.
- [4] D. Lee, G. J. Saulnier, Z. Ye and M. J. Medley, Antenna diversity for an OFDM system in a fading channel, *Con. Proc. MILCOM'99*, pp. 1104-1109, 1999.
- [5] J. D. Moreira, V. Almenar, J. L. Corral, S. Flores, A. Girona and P. Corral, Diversity techniques for OFDM based WLAN systems, *Con. Proc. PIMRC 2002*, pp. 1008-1011, 2002.
- [6] N. P. Le, F. Safaei and L. Chung, "Antenna selection strategies for MIMO-OFDM wireless system: an energy -efficiency perspective," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 64, no. 4, pp. 2048-2062, April 2016.
- [7] V. K. V. Gottumunkala and H. Minn, "Ergodic capacity analysis of MISO/SIMO-OFDM with arbitrary antenna and channel tap correlation," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 62, no. 7, pp. 3062-3068, September 2013.
- [8] S. Furrer, P. Cooronel and D. Dahlhaus, "Simple ergodic and outage capacity expressions for correlated diversity Ricean fading channels," *IEEE Trans. Wir. Commun.*, vol. 5, no. 7, pp. 1606-1609, July 2006.
- [9] A. Panajotović, D. Drača and N. Sekulović, OP of SC diversity for OFDM-based WLAN system operating in microcell and picocell environment, *Con. Proc. ICEST 2016*, 2016.
- [10] A. Panajotović and D. Drača, Capacity of OFDM-based WLAN system with SC Diversity, *Con. Proc. INDEL 2016*, 2016. (accepted)
- [11] G. L. Stuber, *Principles of Mobile Communication*, New York: Kluwer Academic Publisher, 2000.
- [12] L. Yang and M. S. Alouini, *Average Outage Duration of Wireless System* (ch. 8 *Wireless Communications Systems and Networks*), Springer, 2004.
- [13] J. P. Kermoal, L. Schumacher, K. I. Pederson, P. E. Mogensen and F. Frederiksen, "A stochastic MIMO radio channel model with experimental validation," *IEEE J. Sel. Area. Commun.*, vol. 20, no. 6, pp. 1211-1225, August 2002.

ANALIZA DIMENZIJE VODENOG ŽIGA I FAKTORA INSERTOVANJA NA KVALITET ZAŠTIĆENOG VIDEA

ANALYSIS OF WATERMARK DIMENSIONS AND INSERTION FACTOR ON QUALITY OF PROTECTED VIDEO

Zoran Veličković, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U ovom radu je razmatrana uticaj dimenzija vodenog žiga i faktora insertovanja na kvalitet zaštićenog videa. Kroz praktične primere je pokazano da insertovanje vodenog žiga manjih dimenzija sa nižim faktorom insertovanja izaziva manju degradaciju video sadržaja bez uticaja na efikasnost ekstrakcije. Dimenzije vodenog žiga, lokacija njegovog insertovanja kao i vrednost faktora insertovanja su dodatni parametri koji bezbednost video sadržaja podižu na viši nivo.

Ključne reči: Video-frejm. Vodeni žig. Faktor insertovanja.

Abstract - This paper deals with the influence of the size of the watermark and insertion factors on the quality of the protected video. Through practical examples it is shown that inserting watermark smaller size with a lower factor insertion causes less degradation of video content without affecting the extraction efficiency. The dimensions of the watermark, the location of its insertion and value factors inserting additional parameters that security video to a whole new level.

Key words: Video-frame. Watermark. Insertion factor.

1. UVOD

Na osnovu analize globalnog IP saobraćaja može se zaključiti da će se ove 2016. godine ući u tzv. *Zettabyte* eru [1]. Naime, globalni godišnji IP saobraćaj će 2016. godine dostići fantastičnu granicu od 1ZB ($1ZB=10^{21}B$), a predviđa se njegovo udvostručenje do 2019. godine. Ulasku u *Zettabyte* eru pored PC računara najviše su doprineli bežični i mobilni uređaji sa izuzetnim komunikacionim karakteristikama (smart TV uređaji, tableti, smartfoni i IoT (engl. *Internet of Things*) moduli. IP saobraćaj generisan sa bežičnih i mobilnih uređaja će takođe 2016. godine prvi put imati veći udeo od saobraćaja generisanog sa žičnih konekcija. Na dostizanje *Zettabyte* granice znatno je uticala i struktura globalnog IP saobraćaja. Naime, 64% globalnog IP saobraćaja se odnosi na neku formu video saobraćaja koji po svojoj prirodi zahteva prenos ogromnih količina podataka [2]. Istovremeno, u porastu je broj uređaja koji podržavaju nove video standarde visoke rezolucije (HD, UHD i 4K), tako da se u bliskoj budućnosti očekuje neprestano povećanje udela video paketa u globalnom IP saobraćaju. Povećanje rezolucije video sadržaja nosi sa sobom niz novih problema, ali je bazičan onaj koji se odnosi na zahtevani bitski protok. Naime, bitska brzina neophodna za prenos 4K videa dvostruko je veća od one potrebne za HD, odnosno, devet puta veća od one potrebne za SD video rezoluciju. Pretpostavlja se da će se udeo video saobraćaja u ukupnom IP saobraćaju povećati na 80% do kraja 2019. godine.

Iz prezentovanih činjenica se može nedvosmisleno zaključiti da je razmena digitalnih multimedijalnih sadržaja, a posebno videa, već postala dominantni oblik IP saobraćaja. Web portal *Youtube* je izuzetno doprineo ovoj činjenici jer je

pružio mogućnost svakom korisniku Interneta da objavi sopstveni video i na taj način ga učini globalno dostupnim. Na *Youtube* se u jednoj minuti postavi 300 sati novog video sadržaja, dok istovremeno 2.78 miliona posetilaca gleda neki već postavljeni video sadržaj. Sa druge strane, *Netflix* globalni provajder filmova i TV serija, strimuje preko 77K sati video sadržaja u minuti [3].

Globalna dostupnost, kao i karakteristika digitalnih multimedijalnih sadržaja da se za razliku od analognih, pri kopiranju ne gubi na kvalitetu, su pogodovale pojavi piraterije, odnosno, nelegalnom kopiranju i distribuciji multimedijalnih sadržaja na Internetu. U pomenutim uslovima zaštita autorskih prava nad vlasništvom video sadržaja je veoma kompleksna. Finansijski gubici kao posledica piraterije u savremenom svetu mere se u milijardama dolara. Zaštita video sadržaja od kopiranja i nelegalne distribucije postaje nezaobilazna aktivnost autora pre objavljivanja originalnih video sadržaja. Za zaštitu od kopiranja digitalnih multimedijalnih sadržaja se mogu primeniti standardne kriptografske tehnike. Međutim, one ne pružaju adekvatnu zaštitu multimedijalnom sadržaju jer se pre reprodukcije moraju dešifrovati i time izložiti riziku. Za praktičnu primenu mnogo su pogodnije metode bazirane na insertovanju vodenog žiga u sam multimedijalni sadržaj [4]-[12]. Kod ovih metoda, insertovani vodeni žig ostaje trajno u multimedijalnom sadržaju i ne odstranjuje se iz njega ni prilikom reprodukcije. Osobina digitalnog vodenog žiga da nikada ne napušta multimedijalni sadržaj, dodatno povećava nivo bezbednosti zaštićenog videa. Takođe, ova osobina značajno doprinosi preživljavanju vodenog žiga u video sadržaju pri pokušaju mnogih malicioznih i destruktivnih ataka na video. U ovom radu je razmatrana ugradnja vodenog žiga u nekodovani video sadržaj u cilju zaštite od kopiranja i

dokazivanja vlasništva nad multimedijalnim sadržajem. Ovaj koncept zaštite autorskih prava je omogućen zakonskom regulativom u borbi protiv piraterije koji podrazumeva efikasnu i pouzdanu ekstrakciju vodenog žiga iz samog multimedijalnog sadržaja. Ekstrahovani vodeni žig treba svojim sadržajem i izgledom da odgovara insertovanom vodenom žigu i da nedvosmisleno identifikuje autora, odnosno, vlasnika multimedijalnog sadržaja.

2. KARAKTERISTIKE INSERTOVANOG VODENOG ŽIGA U VIDEO SADRŽAJ

Dobro insertovani vodeni žig mora da ispuni sledeće bazne zahteve [4]:

1. Trebalo bi da bude neprimetan posmatraču – konzumentu video sadržaja;
2. Ne bi trebalo da izazove primetnu degradaciju video sadržaja;
3. Trebalo bi da bude otporan na pokušaje ulkanjanja iz video sadržaja;
4. Trebalo bi da bude otporan na pokušaje zamene pravog vodenog žiga lažnim;
5. Trebalo bi da bude otporan na kopresiju i transkodovanje video sadržaja.

Često su zahtevi za izbor dobrog algoritma za insertovanje vodenog žiga suprostavljeni. Tako, ako se želi zaštićeni video sa minimalnom degradacijom kvaliteta, to će smanjiti otpornost vodenog žiga na kompresiju ili na pokušaj njegovog uklanjanja. Najčešći ataci na zaštićeni video u cilju uklanjanja vodenog žiga su: rotiranje (engl. *rotation*), skaliranje (engl. *resizing*), isecanje (engl. *cropping*), filtriranje (engl. *filtering*) i dodavanje šuma (engl. *noising*). Pored standardnih ataka na multimedijalne sadržaje, za video je razvijeno nekoliko specifičnih. Neki od njih su uklanjanje frejmova iz video strima (eng. *frame dropping*), usrednjavanje frejmova (engl. *frame averaging*) i transkodovanje (engl. *video transcoding*) na različitim bitskim brzinama. Neke od publikovanih metoda za insertovanje vodenog žiga su otporne na pojedine atake, ali su opet, veoma ranjive na druge. Ovo je najvažniji razlog koji je podstakao istraživanja i razvoj novih robustnih metoda za insertovanje, odnosno, ekstrakciju vodenih žigova. Istraživanja u ovoj oblasti dobijaju na značaju obzirom na strukturu IP saobraćaja i ulazak Interneta u Zettabyte eru.

U digitalni video sadržaj se može insertovati originalni ili kriptovani vodeni žig [5]-[8] u nekodovanom i kodovanom domenu]. U ovom radu se razmatra insertovanje vodenog žiga u nekodovanom domenu, obzirom na činjenicu da je znatno otporniji na atake transkodovanja. Takođe, za razliku od insertovanja vodenog žiga u kodovanom videu, insertovanje vodenog žiga u nekodovanom domenu se može primeniti na svaki frejm. Ako se video posmatra kao niz frejmova (statičnih slika) u vremenu, onda se već razvijeni algoritmi insertovanja vodenog žiga u slike mogu primeniti i na video. Međutim, da bi se video učinio dostupnim Internet korisnicima, on mora biti kodovan, što će izazvati zanemarivanje pojedinih detalja u frejmovima. Zanemarivanje detalja u procesu kodovanja ima negativne efekte na sam video, ali i na kvalitet ekstatovanih vodenih žigova. Mogućnost insertovanja vodenog žiga u svaki frejm nekodovanog videa je kasnije iskorišćena u algoritmu za popravku kvaliteta ekstrahovanog vodenog žiga. U ovom radu je za kodovanje zaštićenog videa korišćen H.264/AVC koder u oficijalnoj verziji 18.4 ITU-a [9].

3. UTICAJ VREDNOSTI FAKTORA INSERTOVANJA NA KVALITET ZAŠTIĆENOG VIDEA

Tehnike insertovanja vodenog žiga se zasnivaju na ugrađivanju, oku posmatrača, nevidljivih slika u video sadržaj. Većina tehnika insertovanja vodenih žigova poseduje mogućnost kontrolisanja jačine utiskivanja vodenog žiga u multimedijalni sadržaj varijacijom faktora insertovanja $1 > \alpha > 0$. Faktorom insertovanja se adaptira energije vodenog žiga u odnosu na energiju originalnog frejma, čime se utiče na odnos kvaliteta zaštićenog videa i ekstrahovanog vodenog žiga. Veća vrednost faktora insertovanja α obezbeđuje ekstrakciju vodenog žiga višeg kvaliteta, ali se tom prilikom dobija zaštićeni video nižeg kvaliteta (i obratno). Na slici 1. su prikazani izgledi prvog frejma referencnog videa "Foreman" rezolucije 352×288 piksela u koji je insertovan vodeni žig "Lena" istih dimenzija sa različitim faktorom insertovanja. Najniži faktor insertovanja je primenjena na slici 1a, $\alpha=0.1$, $\alpha=0.05$ na slici 1b, dok je najveća vrednost primenjena na slici 1c $\alpha=0.5$. Sa slike 1 se jasno može oučiti degradacija kvaliteta zaštićenog frejma sa porastom faktora insertovanja. Vrednost faktora insertovanja se bira tako da uspostavi kompromis između suprostavljenih zahteva: kvaliteta zaštićenog videa i kvaliteta ekstrahovanog vodenog žiga. Za određivanje optimalne vrednosti faktora insertovanja razvijeni su brojni algoritmi [10].

Za insertovanja vodenih žigova u multimedijalne sadržaje razvijeno je nekoliko tehnika, od kojih su najčešće u primeni *aditivne*, *multiplikativne* i *hibridne* tehnike.

Aditivne tehnike

Kod aditivnih tehnika insertovanja, originalnom multimedijalnom sadržaju se dodaje skalirana vrednost vodenog žiga. Originalni multimedijalni sadržaj, kao i vodeni žig, mogu biti predstavljeni u osnovnom i transformacionom domenu. Za predstavljanje multimedijalnog sadržaja u transformacionom domenu neophodno je odrediti transformacione koeficijente korišćenjem DCT (engl. *Discrete Cosine Transform*), DWT (engl. *Discrete Wavelet Transformation*) [11], [12], SVD (engl. *Singular Value Decomposition*) [5], [13] i FFT (engl. *Fast Fourier Transform*) transformacije. Nezavisno od domena kojim je predstavljen multimedijalni sadržaj, aditivna tehnika insertovanja vodenih žigova se može realizovati sledećom relacijom:

$$A_w = A + \alpha W, \quad (1)$$

gde je A originalni multimedijalni sadržaj, W sadržaj vodenog žiga, A_w zaštićeni multimedijalni sadržaj, dok je α faktor insertovanja kojim se reguliše jačina insertovanja. Ekstrakcija vodenog žiga se realizuje izrazom:

$$W = \frac{A_w - A}{\alpha}. \quad (2)$$

Iz izraza (2) se pored ostalog može primetiti da je za ekstrakciju vodenog žiga neophodno posedovati originalni multimedijalni sadržaj.

Multiplikativne tehnike

Kod multiplikativnih tehnika insertovanja vodenih žigova se originalnom multimedijalnom sadržaju dodaje skalirani proizvod vodenog žiga i originalnog sadržaja. Multiplikativna tehnika se može predstaviti sledećom relacijom:

$$A_w = A(1 + \alpha W). \quad (3)$$

Multiplikativne tehnike se najčešće primenjuju u transformacionim domenima. Osnovna ideja multiplikativnih tehnika je da se energija vodenog žiga rasporedi samo na određeni skup transformacionih koeficijenata. Ekstrakcija vodenog žiga kod multiplikativnih tehnika se realizuje izrazom:

$$W = \frac{A_w - A}{\alpha A} \quad (4)$$

Hibridne tehnike

Hibridne tehnike insertovanja vodenog žiga kombinuju dva prethodna metoda [12]. Hibridna tehnika se može predstaviti na sledeći način:

$$A_w = A + (a|A|^k + b)W \quad (3)$$

gde su a i k parametri kojima se reguliše snaga originalnog video sadržaja, a b snaga vodenog žiga. Ekstrakcija vodenog žiga kod hibridnih tehnika se realizuje izrazom:

$$W = \frac{A_w - A}{a|A|^k + b}. \quad (5)$$

Za pojedine vredosti parametara a , b i k hibridna tehnika se svodi na aditivnu ($a=0$, $b \neq 0$), odnosno, na multiplikativnu ($a \neq 0$, $k=1$, $b=0$) tehniku.

Sve prikazane tehnike ekstrakcije vodenog žiga se mogu svrstati u *nonblind* tehnike jer zahtevaju originalni multimedijalni sadržaj [12]. Tehnike koje u procesu ekstrakcije vodenog žiga ne zahtevaju originalni multimedijalni sadržaj nazivaju se *blind* tehnike.

4. UTICAJ DIMENZIJA VODENOG ŽIGA NA KVALITET ZAŠTIĆENOG VIDEA

SVD transformacija predstavlja faktorizaciju matrice na tri specifične matrice: U , S i V [5]. Prema definiciji, S matrica je dijagonalna matrica čiji elementi su singularne vrednosti. Matrice U i V su ortogonalne i opisuju horizontalne, odnosno, vertikalne detalje matrice koja u našem slučaju predstavlja video-frejmove, odnosno, vodeni žig. SVD tehnike insertovanja vodenog žiga u frejm su zasnovane na primeni aditivne tehnika nad S matricom frejma, i S matricom vodenog žiga. Primeri prikazani u ovom radu koriste SVD transformaciju realizovanu u DCT domenu, a detalji se mogu naći u. Standardne SVD tehnike insertovanja vodenog žiga u frejm, podrazumevaju iste dimenzije frejma i vodenog žiga.

Najčešći napadi na zaštićeni video u cilju uklanjanja vodenog žiga su takozvani geometrijski ataci u koje spadaju rotiranje i skaliranje. Međutim, ako se slika, odnosno frejm, predstavi 2D matricom čiji su elementi nenegativnih brojevi, onda se neke specifičnosti ovih matrica mogu efikasno iskoristiti u procesu zaštite od geometrijskih ataka. Pokazano je da su nenulte singularne vrednosti ovih matrica invarijantne na *transponovanje*, *flipovanje*, *rotaciju* i *skaliranje*.

Male varijacije u singularnim vrednostima ovih matrica nemaju značajnog efekta na vizuelnu percepciju slike. Tako, kada je zaštićeni frejm podvrgnut atacima rotacije ili skaliranja, navedene osobine omogućavaju efikasno ekstrahovanje vodenih žigova. Navedene osobine singularnih vrednosti ovih matrica preporučuju SVD transformaciju kao



a)



b)



c)

Slika 1. Izgled prvog frejma videa "Foreman.cif" u koji je insertovan vodeni žig "Lena" u SVD domenu sa različitim faktorom insertovanja a) $\alpha=0.05$ b) $\alpha=0.1$ i c) $\alpha=0.5$.

izuzetan alat za očuvanje video sadržaja u slučaju geometrijskih ataka. U [13] je pokazano da se može inseovati vodeni žig manje dimenzije od samog frejma i da se pri tome može uočiti manja degradacija samog videa. Osnovna ideja kod ovog pristupa se bazira na deobi samog video frejma na manje delove u koje se može insertovati vodeni žig manjih dimenzija.



a)



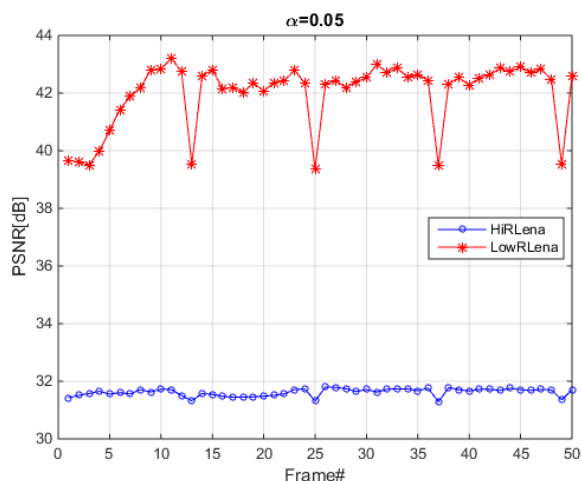
b)

Slika 2. Izgled dekodovanog frejma broj 50 iz videa "Foreman" sa insertovanim vodenim žigom dimenzija a) 288×288 piksela b) 72×72 piksela.

Na ovaj način se degradacija frejma dešava samo u onom delu frejma u koji je insertovan vodeni žig. Na slici 2 su prikazani frejmovi u koje su insertovane različite dimenzije vodenih žigova. Na slici 2a insertovan je vodeni žig dimenzija 288×288 piksela u čitav frejm, dok je na slici 2b insertovan vodeni žig dimenzija 72×72 piksela u gornjem desnom uglu frejma. Na slici 3 su prikazane PSNR vrednosti za prvih 50 frejmova videa "Foreman" u rezoluciji 288×288 piksela za oba insertovana vodena žiga. Za ocenu kvaliteta videa, korišćen je PSNR kao objektivna mera kvaliteta za svaki frejm testiranog videa. Sa slike 3 se uočavaju znatno veće PSNR vrednosti za frejmove u koje je insertovan vodeni žig manjih dimenzija. Evidentno je da dimenzija i faktor insertovanja vodenog žiga imaju značajan uticaj na kvalitet samog video sadržaja.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je razmatrana zaštita video sadržaja insertovanjem vodenog žiga u SVD domenu. Razmatran je uticaj faktora insertovanja i dimenzija žiga na kvalitet zaštićenog videa. U radu je pokazano da insertovanje vodenog žiga manje dimenzije od dimenzije frejma izaziva manju degradaciju samog video sadržaja bez uticaja na efikasnost ekstrakcije. Dimenzije vodenog žiga i lokacija insertovanja su dodatni parametri koji nivo bezbednosti podižu na viši nivo.



Slika 3. Vrednost PSNR-a za prvih 50 frejmova sa insertovanim vodenim žigom dimenzija a) 288×288 piksela - HiRLena i b) 72×72 piksela - LowRLena.

LITERATURA

- [1] Cisco White Paper, "Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2015–2020", Feb. 2016.
- [2] M. Jevtović, Z. Veličković, "Protokoli prepletenih slojeva", Akademska misao, Beograd, 2012.
- [3] <http://www.visualcapitalist.com/what-happens-internet-minute-2016/>
- [4] R. Ahuja, S. S. Bedi, "All Aspects of Digital Video Watermarking Under an Umbrella", *I.J. Image, Graphics and Signal Processing*, Vol. 12, pp. 54-73, 2015.
- [5] Z. Veličković, Z. Milivojević, M. Jevtović, "The Improved Iterative Algorithm for the Enhancement of the Extracted Watermark from Video Streaming in a Wireless Environment", *ETF Jour. of Electrical Engineering*, Vol. 21, pp. 93-107, 2015.
- [6] N. Nikolaidis, A. Tefas, I. Pitas. "Chaotic Sequences for Digital Watermarking", *Advances in Nonlinear Signal and Image Processing*, Hindawi, 2006.
- [7] Z. Veličković, M. Veličković, Z. Milivojević, "Improved Gray-scale watermark encryption based on chaotic maps", Vol. 2, pp. 145-150, *UNITECH*, 2016.
- [8] C. Pradhan, V. Saxena, A. K. Bisoi, "Imperceptible Watermarking Technique using Arnold's Transform and Cross Chaos Map in DCT Domain", *Int. Jour. of Comp. Applications*, Vol. 55, No. 15, pp. 50 – 53, 2012.
- [9] JM reference software version 16.0, <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/>, July 2009.
- [10] S. Stanković, I. Orović, E. Sejdić, *Multimedia Signals and Systems*, Springer, 2012.
- [11] M. Ibrahim, N. Kader, M. Zorkany, "Video Multiple Watermarking Technique Based on Image Interlacing Using DWT," *The Scientific World Journal*, Vol. 2014.
- [12] B. Nandeesh, L. Meti, G. K. Manjunath, "A Robust Non-Blind Watermarking Technique for Color Video Based on Combined DWT-DFT Transforms and SVD Technique", *I.J. Inf. Tech. and Computer Science*, Vol. 6, No 9, pp. 59-65, 2014.
- [13] Z. Veličković, Z. Milivojević, M. Veličković "The Insertion of the Encrypted Low-Resolution Watermark in the Uncompressed Video", *ICEST '16, Ohrid*, 2016.

TEHNIKA PRISTUPA SERVERU SA PRIVATNOM IP ADRESOM PREVOĐENJEM IP ADRESE I PORTA

TECHNIQUE FOR ACCESS TO THE SERVER WITH A PRIVATE IP ADDRESS BY TRANSLATING IP ADDRESSES AND PORTS

Dušan Stefanović, *Visoka tehnička škola strukovnih studija, Niš*
Milorad Mančić, *Visoka tehnička škola strukovnih studija, Niš*

Sadržaj - U ovom radu prikazano je podešavanje NAT servisa prevođenjem statičke javne IP adrese u privatnu IP adresu na osnovu porta – PAT. Prikazane su osnovne mane i prednosti NAT servisa, kao i uspešno primenjivanje i implementiranje PAT tehnike na ruter. Uspešno je omogućen pristup sa klijentske strane aplikacije na serversku stranu aplikacije koja se nalazi u lokalnoj mreži sa privatnom IP adresom koja nije vidljiva na Internetu. Na serveru se podižu servisi sa tačno određenim portovima, dok klijent pristupa aplikaciji na osnovu javne (externe) IP adrese. Na serveru su statički mapirani portovi koji služe da identifikuju servise koji obavljaju usluge za korisnika. Prikazano je kako se vrši prevođenje javne IP adrese u privatnu, i obrnuto.

Ključne reči - NAT servis; PAT tehnika; pristup klijenta na server.

Abstract – This paper describes the process of configuring NAT service on MikroTik router. The example shows how to access from public network to the server that has a local IP address. This work also describes the setting NAT service and applying a static public IP address translation to a private IP address based on port - PAT. The basic advantages and disadvantages of NAT service, as well as the successful implementation of PAT enforcement and techniques to the router. Successful translation of IP will allow clients to have access to the server. On the server are located services with ports(3724 and 8085), while the client access server based on public (external) IP address. On the server ports are statically mapped and they are used to identify services that provides services to the client. It is shown how to perform translating public IP addresses to private and vice versa. Translation is based on ports.

Keywords – NAT service; PAT tehnique; access from clients to server.

1. UVOD

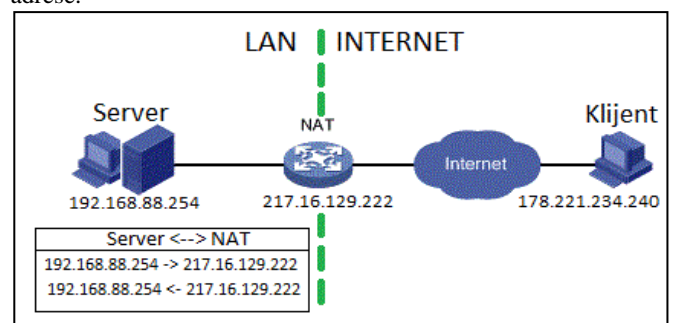
Prikazano je podešavanje statičkog mapiranja IP adrese na osnovu portova. To je izvedeno uspomoc NAT (eng. *Network Address Translation*) tehnike koja ima za cilj da produži životni vek IPv4. Na serveru se podižu servisi sa tačno određenim portovima, dok klijent pristupa serveru na osnovu javne (externe) IP adrese i porta na koju sluša servis kome pristupamo. Dva servisa opslužuju server online MMORPG igrice (*World of Warcraft*). Jedan servis služi za Autentifikaciju i drugi za Core mehanizam igre. Pri pokušaju pristupa serveru obaviće se prevođenje javne IP adrese servera u lokalnu IP adresu koju koristi server. Nakon toga beleži se svaki pristup serveru kao i prevođenje IP adrese na osnovu porta.

Cilj rada leži u eksperimentalnom delu koji pokazuje kako se omogućava pristup izvan lokalne mreže serveru koji se nalazi u lokalnoj mreži i ima privatnu IP adresu koja nije rutabilna tj. vidljiva na Internetu.

2. NAT SERVIS

Prevođenje adrese (NAT servis) je postupak u kojem ruter zamenjuje privatnu IP adresu klijenta u paketu mrežnog saobraćaja svojom javnom IP adresom [1]. Pri tome se izvorne IP adrese menjaju kad korisnici iz lokalnih mreža pristupaju spoljnim resursima pa im ruter zamenjuje izvornu privatnu IP adresu sa svojom javnom IP adresom kako bi se odgovori mogli vratiti sa Interneta. Odredišne IP adrese menjaju se kad je potrebno preusmeriti određeni mrežni paket na drugu IP adresu.

Prikaz NAT servisa i njegove NAT tabele SI.1. Upotrebljavaju se izrazi translacija adrese, prevođenje adrese ili maskiranje adrese.



Slika 1. Prikaz NAT servisa i njegove NAT tabele

IP uređajima koji se nalaze u unutrašnjim (privatnim) mrežama dodeljuju se privatne IP adrese. Ruter koji povezuje lokalne mreže sa Internetom poseduje minimalno dva mrežna interfejsa. Interfejs koji je spojen na privatnu mrežu ima IP adresu ili adresu iz domena privatnih IP adresa. Mrežni interfejs koji je spojen na Internet poseduje jednu ili više IP adresa iz domena javnih IP adresa.

Ukoliko se na Internetu slučajno pojavi mrežni paket koji ima određenu IP adresu iz skupa privatnih IP adresa, paket će brzo biti odbačen jer nije poznato gde je paket potrebno poslati [3]. Zbog toga, ruter treba svim mrežnim paketima koji

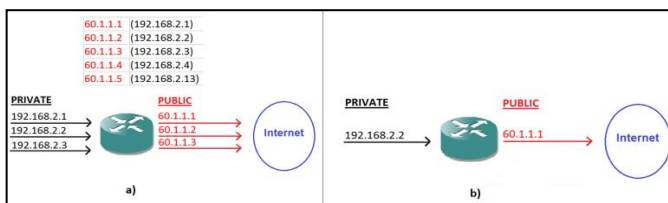
napuštaju lokalne mreže u kojima se nalaze privatne IP adresa, zameniti izvornu IP adresu u mrežnom paketu sa jednom od svojih javnih IP adresa. Na taj način će se odgovor u obliku povratnog mrežnog paketa vratiti do rutera. Ruter prati informacije o aktivnim vezama (određenu IP adresu i određeni port) kako bi mogao povratne pakete preusmeriti na pravi računar iz lokalne mreže. Ukoliko ruter koristi samo jednu javnu IP adresu, računari na Internetu koja dobijaju sve te pakete najčešće nisu svesni da su svi zahtevi generisani od više računara.

Podela NAT-a na dinamički i statički [2]:

- **Dinamički NAT** - broj privatnih IP adresa je jednak broju javnih IP adresa na ruteru. Ovaj oblik je identičan potpunom NAT-u.

- **Statički NAT** - broj privatnih IP adresa nije jednak broju javnih IP adresa u koje se trebaju prevesti. Predstavlja vrstu NAT-a u kojoj je privatna IP adresa mapirana u javnu IP adresu (javna adresa je uvek ista). Ovo omogućava računaru u lokalnoj mreži, kao što je server da ima privatnu IP adresu a da je dostupan na Internetu.

Danas većina NAT implementacija uključuje promenu određanih i izvornih portova u mrežnom paketu [4]. Kad želimo da NAT obavlja promenu portova onda se on naziva NAPT (eng. *Network Address Port Translation*). Potreba za menjanjem portova pojavljuje se i kod SNAT-a i kod DNAT-a. Kada lokalni računari pristupaju spoljnim računarima na Internetu, ruter vrši prevođenje izvorišne adrese (*SNAT*). U takvim situacijama ruter često mora menjati i izvorni port. To je potrebno u slučajevima kad različiti lokalni računari započinju komunikaciju sa istih portova. Takođe, promena portova je česta kad se na ruteru nalaze virtualne IP adrese. Prikaz **a)** dinamičkog i **b)** statičkog NAT-a SI.2.



Slika 2. a) Dinamički NAT b) Statički NAT

Da bi se implementirao NAT na ruteru, korisnik mora da definiše pravila koja će se primenjivati na dolazne pakete. NAT pravila u sebi mogu sadržati veći broj definisanih parametara koji moraju biti ispunjeni kako bi se obavilo NAT prevođenje. Pravilo definiše da se jedna IP adresa (privatna) mapira u drugu IP adresu (javnu). Prošireni oblik NAT pravila može sadržati sledeće parametre:

- **Skup IP adresa** – umesto jedne IP adrese moguće je definisati skup IP adresa. Ukoliko se javna IP adresa menja sa skupom IP adresa tada će odabir IP adrese biti zasnovan na određenom algoritmu (slučajni odabir, opterećenost i sl.).

- **Mrežni interfejs** – definisanjem pravila koje definiše da se određene IP adrese moraju pojaviti sa tačno određenog mrežnog interfejsa, i da se moraju proslediti na tačno određen mrežni interfejs. Uklanja se rizik koji se javlja ako napadač iz spoljašnje mreže pošalje mrežni paket na ruter sa postavljenom IP adresom iz lokalne mreže. U tom slučaju napadač može postići da se mrežni paket prosledi na neku mrežu u kojoj računari iz lokalne mreže smeju da šalju zahteve.

- **Portovi** – unutar NAT pravila moguće je definisati da se samo određeni portovi dodeljuju kod prevođenja mrežnih paketa. Portove je moguće ostaviti onakve kakvi jesu ili ih je moguće promeniti. Npr. kod određivanja NAT-a (DNAT) zahtev koji je primljen od strane rutera na port 80 (*HTTP protokol*) se može preusmeriti na port 8080 lokalnom serveru. Takođe, kod

izvornog NAT-a (SNAT) moguće je zadržati izvorni port sa kojeg je iniciran zahtev ili ga je moguće zameniti sa nekim novim koji može biti tačno definisan ili slučajno odabran iz definisanog opsega portova.

- **Određište** – kod izvornog NAT-a (SNAT) moguće je definisati da se dozvole samo zahtevi koji su usmereni prema određenim određištima tj. prema određenim destinacionim IP adresama i/ili portovima. Time se korisnici ograničavaju kod svojih aktivnosti jer im može biti dozvoljeno pristupanje samo određenim IP adresama (npr. u kooperativnoj organizaciji) ili samo određenim portovima tj. protokolima (HTTP- port 80, SSH – port 22, itd...).

- **Izvorište** – kod određivanja NAT-a (DNAT) moguće je definisati da se dozvole samo zahtevi sa određenih izvorišta, tj. sa određenim izvornim IP adresama i/ili portovima. Time se korisnici ograničavaju u svojim aktivnostima zavisno o njihovim privilegijama. U sledećem primeru pretpostavljeno je postojanje sledeće SNAT tabele (*tabela 1.*) rutera koja ne sadrži sve moguće parametre već samo izvorne IP adrese i portove, koje se prevode u spoljne IP adrese i portove[5]:

Tabela 1. Primer definisanja SNAT tabele

Izvorna IP	Izvorni port	Spoljna IP	Spoljni port
10.0.1.1/32	0	161.53.1.1	0
10.0.0.1/32	0	161.53.1.2	0
10.0.0.0/24	1030	161.53.1.2	1040
10.0.0.0/24	0	161.53.1.2	0
10.0.1.0/24	0	161.53.1.1	0
10.0.0.0/8	0	161.53.1.3	0

Prikazana NAT tabela (*tabela 1*) definiše pet pravila prevođenja privatnih IP adresa u javne IP adrese. Prvo pravilo svim zahtevima koji imaju izvornu IP adresu 10.0.1.1 i bilo koji port, menja izvornu IP adresu u javnu IP adresu 161.53.1.1 bez promene izvornog porta, osim ako je on već zauzet. Drugo pravilo radi to isto samo što su zamenjene izvorna i spoljna IP adresa 10.0.0.1 u 161.53.1.2. Treće pravilo svim mrežnim paketima koji imaju izvornu IP adresu iz mreže 10.0.0.0/24 i izvorni port 1030, menja izvornu IP adresu u 161.53.1.2, a izvorni port u 1040. Zadnja tri pravila definišu samo menjanje IP adresa.

Kada se za dati primer SNAT tabele na ruteru pojavi mrežni paket sa sledećim parametrima, Tabela 2:

Tabela 2. Mrežni paket koji dolazi na ruter

Izvorna IP adresa	10.0.0.5
Izvorni port	1030
Određišna IP adresa	161.53.160.69
Određišni port	80

Ruter za zadati mrežni paket proverava definisana SNAT pravila i pronalazi poklapanje da mrežni paket zadovoljava treće pravilo. Zbog toga je potrebno prevođenje izvorne IP adrese 10.0.0.5 u 161.53.160.69 i port 1030 u 1040. Ukoliko se pretpostavi da je port 1040 već zauzet, tada će mrežni paket dobiti prvi veći slobodni port, npr. 1041. U skladu sa sledećim promenama, u internim NAT tabelama zapisuje se obavljeno mapiranje, tabela 3.

Tabela 3. Primer interne NAT tabele sa uspostavljenim vezama

Spoljna IP	Spoljni port	Unutrašnja IP	Unutrašnji port
...
161.53.160.69	1041	10.0.0.5	1030

Ukoliko ruter primi odgovor od spoljne mreže koja poseduje izvornu IP adresu 161.53.160.69 i usmerena je na port 1041, tada će ruter proverom svoje interne NAT tabele detektovati da taj mrežni paket treba preusmeriti na lokalni računar sa IP adresom 10.0.0.5 i to na port 1030 sa kojeg je poslat inicijalni zahtev.

3. PREVOĐENJE IP ADRESE NA MIKROTIKOVOM RUTERU

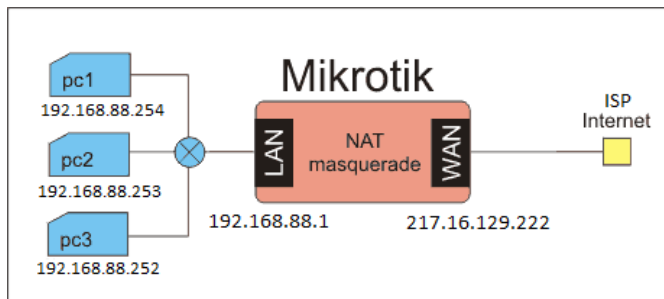
Mikrotik, je Letonski proizvođač mrežne opreme [6]. Bavi se proizvodnjom i prodajom opreme za bežične mreže i softvera RouterOS™. Glavni proizvod RouterOS omogućava da se bilo koji PC pretvori u ruter sa mnogo mogućnosti kao što su firewall, VPN Server i klijent, kontrola protoka, bežična pristupna tačka i druge često korišćene opcije oko rutiranja. Glavni proizvod MikroTik-a je operativni sistem zasnovan na Linux kernel, poznat kao MikroTik RouterOS. Instaliran na vlasničkom hardvera kompanije (RouterBOARD serije). Operativni sistem je registrovan u cilju povećanja nivoa usluga - ažuriranjem, svaka usluga omogućava više raspoloživih RouterOS funkcija. MS Windows aplikacija pod nazivom Winbox obezbeđuje grafički korisnički interfejs za konfiguraciju RouterOS i praćenje, ali RouterOS takođe omogućava pristup preko FTP, telnet, i Secure Shell-a (SSH). Interfejs za programiranje je dostupan za direktan pristup aplikacijama za upravljanje i praćenje.

Praktični deo rada rađen je na Mikrotik RouterBOARD 750 ruteru. Konfiguracija mrežnih uređaja se u izvesnoj meri razlikuje od proizvođača do proizvođača.

Podešavanje Mikrotik Ruteru:

Obično, kada delimo Internet konekciju imamo sledeću situaciju: ruter ima dva mrežna adaptera - jedan je povezan za Internet provajdera, a drugi na lokalnu mrežu. U lokalnoj mreži može da ima više računara. Adapter koji je povezan na provajdera nazivamo WAN, a adapter koji je povezan na lokalnu mrežu nazivamo LAN. Prikaz mikrotik adaptera Sl. 4.

WAN adapter obično dobija IP adresu od provajdera, koja može biti javna ili privatna, statička ili dinamička. Za osnovno deljenje Interneta, to nije bitno, sve dok ruter preko uspostavljene konekcije vidi Internet.



Slika 4. Mikrotik adapter, WAN, LAN

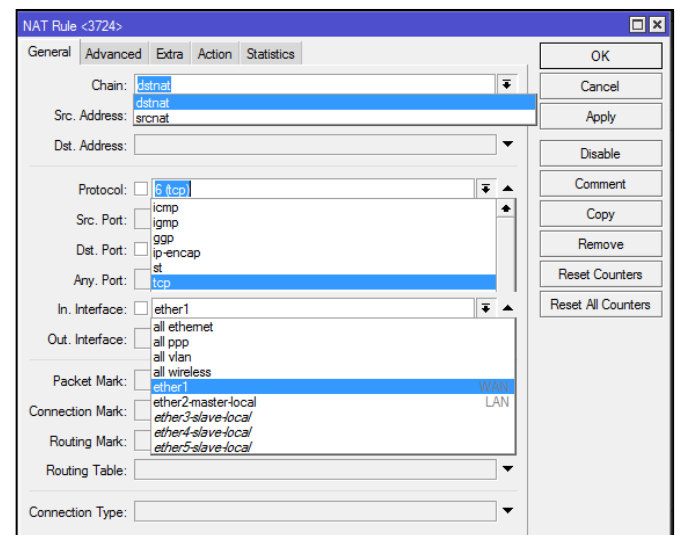
LAN adapter treba da ima adresu koja odgovara lokalnoj mreži. Lokalna mreža uvek ima adrese iz opsega privatnih adresa, a to su opsezi 10.0.0.0 - 10.255.255.255, 172.16.0.0 - 172.31.255.255, 192.168.0.0 - 192.168.255.255 i 169.254.0.0 - 169.254.255.255. Ove adrese se ne koriste na Internetu i namenjene su za lokalne mreže. LAN adapteru ruteru se uvek daje statička IP adresa.

Adrese 192.168.88.0 i 192.168.88.255 imaju posebnu namenu i ne mogu se dodeljivati mrežnim uređajima. Zbog toga ćemo ruteru dodeliti adresu 192.168.88.1, a ostalim računarima u mreži ćemo dodeliti adrese u opsegu 192.168.88.11 do 192.168.1.254 koje ćemo dodeljivati preko DHCP-a.

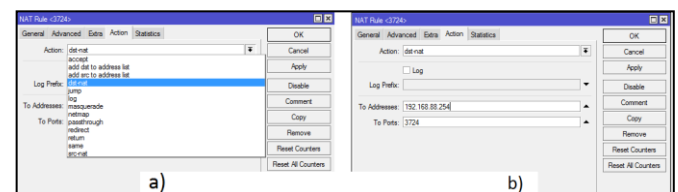
Računari u lokalnoj mreži treba da imaju za mrežni prolaz podešenu IP adresu LAN adaptera na ruteru. Ako je na ruteru podešen i DNS, onda na svakom računaru i DNS treba da bude podešen na adresu LAN adaptera na ruteru. Ako lokalnog DNS-a nema, onda treba koristiti DNS od provajdera.

PRAKTIČAN DEO

Kod statičkog dodeljivanja porta podrazumevamo konfiguraciju našeg mrežnog uređaja - ruteru. U njegovu NAT tabelu dodeljujemo pored interne (lokalne) IP adrese i port na koji sluša naš servis. U ovom radu se koriste dva porta, port za autentifikaciju - 3724 i port za core mehanizam igre - 8085. Znači pored lokalne adrese servera, koja je 192.168.88.254 vezujemo gore pomenute portove. Sada kada su portovi vezani, jasno označavamo da u našoj lokalnoj mreži na adresi 192.168.88.254 (na kojoj se nalazi naš server) imamo servise koji treba da opslužuju korisničke zahteve. Na slici Sl. 5 prikazano je kako statički dodeliti port na internu IP adresu.



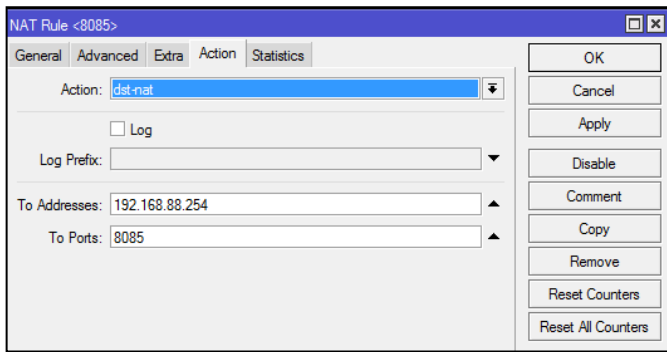
Slika 5. Vezivanje porta za internu IP adresu – PAT



Slika 6. Vezivanje porta 3724 za internu IP adresu - PAT

Biramo **dstnat** (sl.5) jer želimo da prevedemo sve IP adrese koje dolaze sa spoljašnje strane (sa Interneta) u našu internu (lokalnu) IP adresu koju ima naš server. Veza se uspostavlja i održava preko **tcp** protokola čiji je kod br. 6. Biramo interfejs **ether1** (sl.5) jer je on veza sa Internetom. Smer interfejsa je In. interface, to znači da saobraćaj koji dolazi na interfejs ether1, i ima u svom zaglavlju pakete koji se poklapaju sa tačno definisanim portom našeg servisa i internom IP adresom servera, biće preusmeren na naš serverski računar. Internu IP adresu koju naš server poseduje definišemo u **Action** kartici (sl.6). U slučaju da se ne zna serverska interna IP adresa, proveriti u command prompt-u komandom ipconfig /all.

U **Action** kartici, postavljen je **dst-nat** (sl.6) jer je glavna namena ovog NAT pravila (zapisa) da natuje destinacionu IP adresu tj. našu externu IP adresu u internu IP adresu na kojoj se naš server nalazi. Zatim u delu **To Addresses** (sl.6) unosimo našu internu IP adresu koju koristi naš server. U ovom slučaju to je 192.168.88.254. **To Ports** unosimo port koji koristi naš servis. Port je 3724 za autentifikaciju na našem serveru. Isti je postupak pri kreiranju NAT pravila za core mehanizam igre, jedino u polju **To Ports** (sl.7) stoji port 8085 koji služi za naš core mehanizam igre. Klikom na OK, kreirana su NAT pravila (sl.8), tj. prevođenje IP adrese na osnovu porta – PAT.



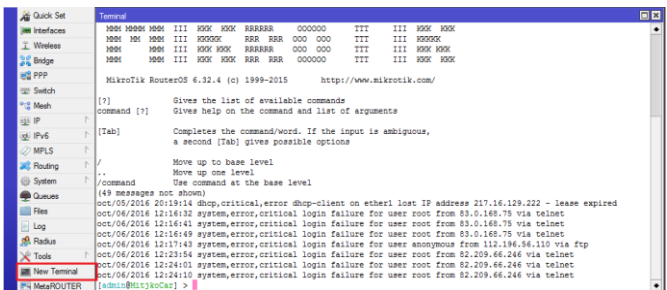
Slika 7. Vezivanje porta 8085 za internu IP adresu – PAT

#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Protocol	Src. Port	Dst. Port	In. Inter.	Out. Int.	Bytes	Packets
0	masquerade	srcnat						ether1		846.9 KiB	12.761
1	dst-nat				tcp		3724	ether1		464 B	9
2	dst-nat				tcp		8085	ether1		300 B	6

Slika 8. Prikaz dodeljenih portova internoj IP adresi servera

Log zapisi - Posedovanje log zapisa administratorima uveliko olakšava posao administriranja računarskom mrežom i pojedinačnim računarima. To je naročito izraženo ukoliko je sistem logovanja organizovan sa nekim centralnim log serverom. Administratori mogu na jednostavan način detektovati koji računari su aktivni, koliko dugo su aktivni, kojim resursima lokalni korisnici najčešće pristupaju, itd... Korišćenjem log zapisa moguće je detektovati različite nepravilnosti u radu kao i zlonamerne aktivnosti koje inače ne bi bile detektovane.

Podешavanje praćenja/logovanja NAT zapisa - Postupak kreiranja log NAT pravila može se izvesti na dva načina, preko terminala i preko WinBox interfejsa. U ovom dokumentu prikazan je način kreiranja log zapisa preko terminala. Sl. 9.



Slika 9. Pokretanje terminala preko WinBox interfejsa

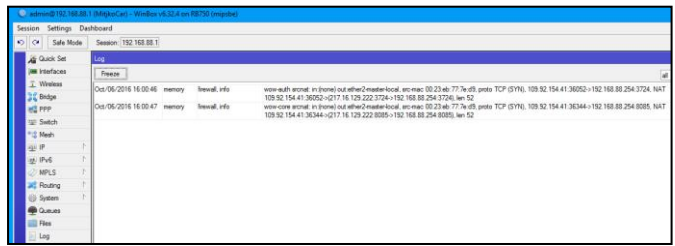
Izborom na **New Terminal** pokrenuće se **Terminal** (sl.9) Sintaksa pri kreiranju NAT log zapisa preko terminala glasi:
`ip firewall nat add chain=srcnat protocol=tcp dst-port=3724 action=log log-prefix="wow-auth"`
`ip firewall nat add chain=dstnat protocol=tcp dst-port=8085 action=log log-prefix="wow-core"`

Posle kreiranja ovih NAT log pravila, u **NAT** tabeli pojavljuju se nova **log** pravila (sl.10):

#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Protocol	Src. Port	Dst. Port	In. Inter.	Out. Int.	Bytes	Packets
0	masquerade	srcnat						ether1		1053.4 KiB	16.192
1	dst-nat				tcp		3724	ether1		828 B	16
2	dst-nat				tcp		8085	ether1		664 B	13
3	log	srcnat			tcp		3724			208 B	4
4	log	srcnat			tcp		8085			260 B	5

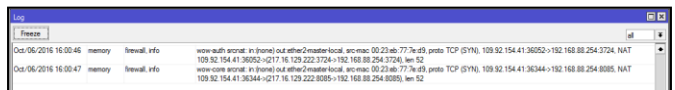
Slika 10. Prikaz NAT tabele posle kreiranja NAT log zapisa

Praćenje i skladištenje log NAT zapisa - Log zapisima se pristupa u **Log** kartici unutar WinBox interfejsa, Sl.11.



Slika 11. Prikaz uhvaćenih NAT log zapisa

Uz pomoć filtriranja prikazani su samo NAT log zapisi (sl.12). Ovi log zapisi uhvaćeni su u trenutku kada je klijent pokušao da pristupi serveru.



Slika 12. Prikaz uhvaćenih NAT log zapisa

ZAKLJUČAK:

U ovom radu prikazano je podешavanje statičkog mapiranja IP adrese na osnovu portova. Na serveru se podižu servisi sa tačno određenim portovima, dok klijent pristupa serveru na osnovu javne (*externe*) IP adrese. Na serveru su statički mapirani portovi koji služe da identifikuju servis koji obavlja usluge za korisnika. Prikazano je kako se vrši prevodenje javne IP adrese u privatnu, i obrnuto. Podižu se dva servisa koji opslužuju server online MMORPG igrice (*World of Warcraft*). Jedan servis služi za Autentifikaciju i drugi za Core mehanizam igre. Pri pokušaju pristupa serveru obaviće se prevodenje javne IP adrese servera u lokalnu IP adresu koju stvarno koristi server. Nakon toga beleži se svaki pristup serveru kao i prevodenje IP adrese na osnovu porta.

Bitno je napomenuti da NAT servis neće postojati u IPv6. Njegova glavna uloga u IPv4 je produžetak opstanka IPv4 iz razloga nedostatka javnih IP adresa. U IPv6 ovaj problem je prevaziđen jer se IP adrese kodiraju sa 128 bita, a ne sa 32 kao što je to slučaj u IPv4.

LITERATURA:

- [1] Todd Lammle, CCNA Routing and Switching study guide, Wiley Brand
- [2] CCERT – Logovanje NAT saobraćaja, <http://www.cis.hr/www.edicija/LinkedDocuments/CCERT-PUBDOC-2006-06-160.pdf>, oktobar 2016.
- [3] O mikrotiku, <https://en.wikipedia.org/wiki/MikroTik>, oktobar 2016.
- [4] Douglas E. Comer, TCP/IP – Principi, protokoli i arhitekture, CET, oktobar 2016.
- [5] Računarski centar Univerziteta u Beogradu, CCNA – Cisco kurs, CCNA_Cisco_kurs.pdf, oktobar 2016.
- [6] Howstuffworks TECH, How network address translation works, <http://computer.howstuffworks.com/nat.htm>, oktobar 2016.
- [7] CISCO, Network address translation (NAT) FAQ, <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/network-address-translation-nat/26704-nat-faq-00.html>, oktobar 2016.

**PROCENA SUBJEKTIVNE RAZUMLJIVOSTI GOVORA U PRAVOSLAVNOJ CRKVI
NA OSNOVU KOMPARATIVNE ANALIZE RAZUMLJIVOSTI PLOZIVA I FRIKATI-
VA SA MEĐUNARODNIM STANDARDOM IEC 60268 - 16****SUBJECTIVE EVALUATION SPEECH INTELLIGIBILITY IN THE ORTHODOX
CHURCH BASED ON COMPARATIVE ANALYSIS OF INTELLIGIBILITY PLOSIVES
AND FRICATIVES WITH INTERNATIONAL STANDARD IEC 60268 - 16**

Zoran Milivojević, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Violeta Stojanović, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Dijana Kostić, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U ovom radu izvršena je procena subjektivne razumljivosti govora u ambijentu pravoslavne crkve na osnovu komparativne analize razumljivosti logatoma tipa plozivi i frikativi sa Međunarodnim standardom IEC 60268 – 16. U prvom delu rada opisan je eksperiment i prikazani su rezultati eksperimenta grafički i tabelarno. U drugom delu rada izvršena je analiza dobijenih rezultata i komparacija sa Međunarodnim standardom. Na osnovu izvršene komparativne analize donosi se zaključak o razumljivosti govora u ambijentu pravoslavne crkve.

Ključne reči: razumljivost govora, razumljivost logatoma, babble šum, SNR, MOS.

Abstract - This paper presents the evaluation of subjective speech intelligibility in the atmosphere of the Orthodox Church on the basis of comparative analysis of intelligibility logatom type Plosives and Fricatives with the International standard IEC 60268 – 16. First part of the paper describes the experiment and the results of the experiment are shown in graphical and tabular form. The second part is an analysis of the results and a comparison with the International Standard. Based on the comparative analysis was shown the conclusion of the speech intelligibility in the atmosphere of the Orthodox Church.

Key words: intelligibility of speech, intelligibility of logatom, Babble noise, SNR, MOS.

1. UVOD

Govorni signal predstavlja akustički talas koji nastaje kroz sistem koga čine vokalni i nazalni trakt i pluća sa bronhijama i trahejom (Flanagan, 1972), kada se strujanje vazduha izbačeno iz pluća uobliči raznim suženjima u vokalnom traktu [1]. Promenom oblika vokalnog trakta u vremenu formiraju se različiti glasovi.

Razumljivost govora u nekom jeziku podrazumeva razumljivost logatoma tipa: CVC, CCV (C – konsonant, V - vokal), afrikati, plozivi, frikativi, nazali i laterali. Korelacija između razumljivosti logatoma i razumljivosti govora data je Međunarodnim standardom IEC 60268 – 16 [2].

Problem razumljivosti govora u okviru akustike prostora je predmet proučavanja već nekoliko decenija. Houtgast i Steeneken analizirali su problem razumljivosti govora pomoću parametra *Speech Transmission Index (STI)* [3]. Ovim problemom bavili su se i Anderson i Kalb [4], Barnett [5], van Wijngaarden i Drullman [6], van Wijngaarden i Steeneken [7], i Mapp [8]. Oni su u svojim psihoakustičkim istraživanjima ispitivali razumljivost fonetski balansiranih reči, logatoma kao i kompletnih rečenica, a onda su na osnovu korelacije njihove razumljivosti i akustičkog parametra *STI* donosili zaključke o razumljivosti govora.

Klatt (1976) je identifikovao razliku u trajanju dugih i kratkih vokala, kao i duže trajanje bezvučnih frikativa od zvučnih [9]. On je u svojim istraživanjima utvrdio i da bilabijalni plozivi traju duže od alveolarnih i velarnih ploziva.

U ovom radu je izvršena procena razumljivosti govora primenom MOS (**eng.** *Mean Opinion Score*) testa razumljivosti logatoma tipa plozivi i frikativi, u prisustvu Babble šuma (**engl.** *Babble noise*) za $SNR = \{-10, -5, 0, 10, 20, 30\}$ dB (**eng.** *Signal Noise Ratio*). Postupak merenja obuhvata: a) formiranje baza: logatoma, impulsnih odziva crkve, simuliranih akustičkih signala crkve i simuliranih akustičkih signala sa superponiranim Babble šumom za određene odnose SNR, b) simulaciju efekta akustičkog ambijenta crkve koja je izvršena pomoću programa Matlab, konvolucijom govornog signala sa snimljenim impulsnim odzivima crkve, c) simulaciju efekta ljudi koji govore i ometaju originalni signal koja je ostvarena superpozicijom Babble šuma i generisanog akustičkog signala crkve i d) MOS test razumljivosti koji je sproveden tako što slušaoci zapisuju reprodukovane logatome onako kako ih čuju. Razumljivost govora se ocenjuje na bazi tačnih i netačnih odgovora. Nakon analize dobijenih rezultata i komparacije sa Međunarodnim standardom IEC 60268-16:2011 donosi se zaključak o oceni razumljivosti govora u crkvi.

Organizacija rada je sledeća: u Sekciji 2 objašnjen je eksperiment, prikazani su rezultati i analiza MOS testa razumljivosti logatoma kao i komparacija sa Međunarodnim standardom IEC 60268 – 16. Sekcija 3 je zaključak.

2. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I ANALIZA

Procena razumljivosti govora u akustičnom prostoru pravoslavne crkve „ Sv. Velikomučenik Prokopije “ u Katunu rađena je na bazi MOS testa otvorenog tipa, pomoću liste logatoma ploziva i frikativa u prisustvu Babble šuma za unapred definisane vrednosti odnosa SNR = {-10, -5, 0, 10, 20, 30} dB. Zapremina i ukupna unutrašnja površina pravoslavne crkve su $V = 1659.68 \text{ m}^3$ i $S = 646.48 \text{ m}^2$. Vreme reverberacije je $RT = 2.06 \text{ s}$.

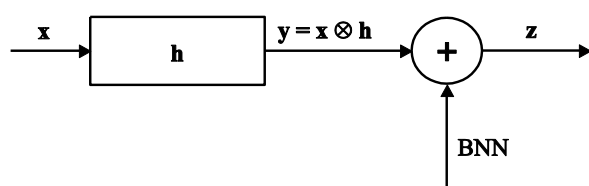
2.1 EKSPERIMENT

MOS test razumljivosti sproveden je sa 30 slušalaca (15 ženskih i 15 muških, godina starosti $18 \div 25$) koji su zapisivali fonetski balansirane logatome koji se emituju sa uređaja za reprodukciju. MOS test sadrži listu od 3 tipa fonetski balansiranih logatoma ploziva i frikativa (tabela 1-2). Rezultati su sagledani na bazi tačnih i netačnih zapisanih odgovora.

2.2 BAZA EKSPERIMENTA

Baza eksperimenta se sastoji iz: **1)** baze originalnog signala **x**: snimljeno je 6 govornika (3 muška i 3 ženska, godine starosti $18 \div 25$) koji su čitali napravljenu test listu od tri tipa fonetski balansiranih logatoma Ploziva i Frikativa od 30 i 33 reči, respektivno. **2)** baze impulsnih odziva crkve: bazu podataka čine wav fajlovi koji su dobijeni snimanjem akustičkih impulsnih odziva pomoću softverskog paketa EASERA. Snimanja su izvršena u mernoj tački koja je 7 m udaljena od zvučnog izvora. Izvršeno je 7 merenja, što ukupno čini 7 wav fajlova. Merenje impulsnog odziva izvršeno je pomoću pobudnog sweep signala u trajanju od 6 s. Frekvencija semplovanja je $f_s = 44.1 \text{ kHz}$. Postupak merenja impulsnih odziva u crkvi obavljen je u skladu sa standardom ISO 3382 [10]. **3)** baze simuliranih akustičkih signala: efekat akustičkog ambijenta crkve simuliran je, pomoću programa Matlab, konvolucijom (signal **y**) govornog signala iz baze **x**, sa snimljenim impulsnim odzivima crkve **h** u mernoj tački MP. **4)** baze Babble šuma BNN (eng. Babble Noise): snimljen je Babble šum sa 8 govornika (BN8), 4 muška i 4 ženska (starosti $18 \div 25$), (signal **BNN**) i **5)** baze simuliranih akustičkih signala sa superponiranim BN8 šumom za SNR = {-10, -5, 0, 10, 20, 30} dB, (signal **z**).

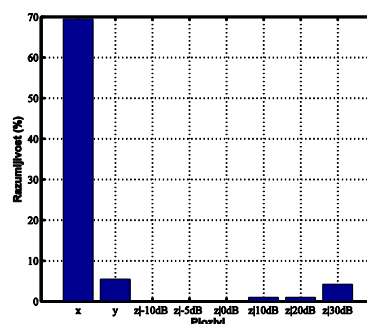
Za MOS test razumljivosti formirani su signali čiji je blok dijagram prikazan na slici 1. gde je: **x** čist govorni signal, **h** impulsni odziv crkve, **y** generisan akustički signal i **z** generisan akustički signal sa superponiranim Babble šumom BNN.



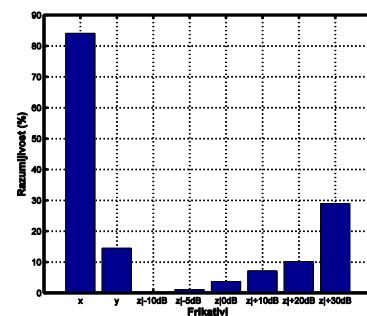
Slika 1. Blok dijagram formiranih signala za MOS test razumljivosti logatoma.

2.3 REZULTATI

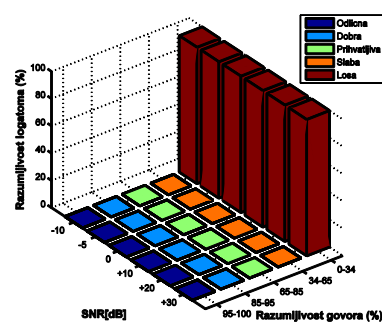
U tabeli 1. i tabeli 2. prikazane su razumljivosti logatoma ploziva i frikativa (tipa 1, tipa 2 i tipa 3), respektivno. U tabelama 3. i 4. prikazane su srednje vrednosti razumljivosti logatoma i njihova komparacija sa razumljivosti govora. Na slici 2. i slici 3. prikazane su srednje vrednosti razumljivosti logatoma ploziva i frikativa, respektivno. Na slici 4. i slici 5. prikazana je razumljivosti svih analiziranih logatoma ploziva i frikativa za date vrednosti SNR. respektivno.



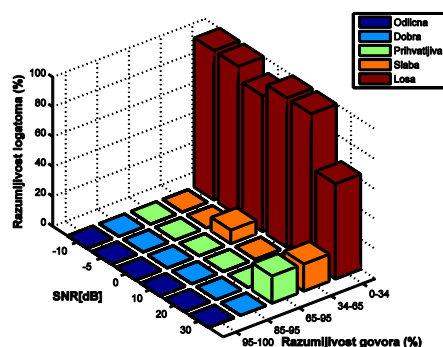
Slika 2. Srednja vrednost razumljivosti ploziva.



Slika 3. Srednja vrednost razumljivosti frikativa.



Slika 4. Razumljivost ploziva za neke vrednosti SNR-a.



Slika 5. Razumljivost frikativa za neke vrednosti SNR-a.

Tabela 1. Razumljivost logatoma tipa plozivi.

Tip 1										
redni broj	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
logatom	PADO	GEKO	DAGU	GIFI	PUGA	GAKA	PEDA	TUPU	BUPA	BADU
x (%)	90	100	40	0	20	60	70	100	80	30
logatom	BEKI	KABA	BOGE	KIPO	TEGO	KUTO	BIPE	KETU	TAKU	DIBI
y (%)	20	0	0	0	10	0	10	0	0	10
logatom	TIGI	DUTA	PIDI	DETI	KOBO	DOBE	TOBU	POKE	GOTE	GUDE
$z _{SNR=-10dB}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$z _{SNR=10dB}$	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
$z _{SNR=10dB}$	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Tip 2										
redni broj	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
logatom	BEKI	KABA	BOGE	KIPO	TEGO	KUTO	BIPE	KETU	TAKU	DIBI
x (%)	100	80	100	100	90	100	90	90	100	90
logatom	TIGI	DUTA	PIDI	DETI	KOBO	DOBE	TOBU	POKE	GOTE	GUDE
y (%)	0	30	0	0	10	10	10	20	0	0
logatom	PADO	GEKO	DAGU	GIFI	PUGA	GAKA	PEDA	TUPU	BUPA	BADU
$z _{SNR=-5dB}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$z _{SNR=20dB}$	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tip 3										
redni broj	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
logatom	TIGI	DUTA	PIDI	DETI	KOBO	DOBE	TOBU	POKE	GOTE	GUDE
x (%)	83.33	91.67	83.33	58.33	91.67	83.33	83.33	66.67	91.67	0
logatom	PADO	GEKO	DAGU	GIFI	PUGA	GAKA	PEDA	TUPU	BUPA	BADU
y (%)	0	0	0	0	0	8.33	0	16.67	8.33	0
logatom	BEKI	KABA	BOGE	KIPO	TEGO	KUTO	BIPE	KETU	TAKU	DIBI
$z _{SNR=0dB}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$z _{SNR=30dB}$	16.67	0	0	0	0	8.33	0	0	0	16.67

Tabela 2. Razumljivost logatoma tipa frikativi.

Tip 1											
redni broj	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
logatom	FOFI	SEJA	SOŽO	ŽAŠA	ZUVA	HUŠO	HEZI	HISE	FUŽA	ŠAŽU	SIFU
x (%)	30	100	80	70	90	50	70	70	70	30	80
logatom	VIŽE	FIVO	ŽOVU	SUSI	FEŠI	ZASA	ZEFO	HOVI	ZIZE	ŠIHU	ŠUHI
y (%)	58.33	22.22	0	44.44	0	0	22.22	66.67	0	22.22	0
logatom	HAŠE	ŠOŽE	ŠEZU	FAZI	ŽUVE	ŽEŠU	VEHE	VOFA	VAHA	SAFA	ŽIHO
$z _{SNR=-10dB}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$z _{SNR=10dB}$	0	11.11	22.22	0	0	22.22	0	0	22.22	0	0
Tip 2											
redni broj	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
logatom	VIŽE	FIVO	ŽOVU	SUSI	FEŠI	ZASA	ZEFO	HOVI	ZIZE	ŠIHU	ŠUHI
x (%)	100	0	100	100	8.33	66.67	58.33	22.22	100	88.89	100
logatom	HAŠE	ŠOŽE	ŠEZU	FAZI	ŽUVE	ŽEŠU	VEHE	VOFA	VAHA	SAFA	ŽIHO
y (%)	10	0	20	40	0	50	20	0	0	0	0
logatom	FOFI	SEJA	SOŽO	ŽAŠA	ZUVA	HUŠO	HEZI	HISE	FUŽA	ŠAŽU	SIFU
$z _{SNR=-5dB}$	0	11.11	0	11.11	0	0	11.11	0	0	0	0
$z _{SNR=20dB}$	33.33	11.11	0	11.11	0	0	11.11	0	0	0	0
Tip 3											
redni broj	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
logatom	HAŠE	ŠOŽE	ŠEZU	FAZI	ŽUVE	ŽEŠU	VEHE	VOFA	VAHA	SAFA	ŽIHO
x (%)	66.67	88.89	66.67	77.78	100	100	100	77.78	100	77.78	100
logatom	FOFI	SEJA	SOŽO	ŽAŠA	ZUVA	HUŠO	HEZI	HISE	FUŽA	ŠAŽU	SIFU
y (%)	0	0	0	33.33	0	11.11	0	0	11.11	0	0
logatom	VIŽE	FIVO	ŽOVU	SUSI	FEŠI	ZASA	ZEFO	HOVI	ZIZE	ŠIHU	ŠUHI
$z _{SNR=0dB}$	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0
$z _{SNR=30dB}$	10	10	40	70	40	70	0	11.11	33.33	0	33.33

Tabela 4. Komparacija razumljivosti logatoma tipa plozivi i frikativi i razumljivosti govora.

R.br.	Signal	Razumljivost logatoma / Razumljivost govora									
		0÷34% (loša)		34÷65% (slaba)		65÷85%(prihvatljiva)		85÷95 (dobra)		95÷100 (odlična)	
		Plozivi	Frikativi	Plozivi	Frikativi	Plozivi	Frikativi	Plozivi	Frikativi	Plozivi	Frikativi
1.	x	13.33	15.15	10	6.06	26.65	36.37	26.65	9.09	23.33	33.33
2.	y	100	84.85	0	12.12	0	0	0	3.03	0	0
3.	$z _{SNR=-10dB}$	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
4.	$z _{SNR=-5dB}$	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
5.	$z _{SNR=0dB}$	100	90.91	0	9.09	0	0	0	0	0	0
6.	$z _{SNR=10dB}$	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
7.	$z _{SNR=20dB}$	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
8.	$z _{SNR=30dB}$	100	63.64	0	18.18	0	18.18	0	0	0	0

Tabela 3. Srednja vrednost razumljivosti logatoma.

R.br.	Signal	Razumljivost (%)	
		Plozivi	Frikativi
1.	x	69.44	84.04
2.	y	5.44	14.39
3.	$z _{SNR=-10dB}$	0	0
4.	$z _{SNR=-5dB}$	0	1
5.	$z _{SNR=0dB}$	0	3.64
6.	$z _{SNR=10dB}$	1	7.07
7.	$z _{SNR=20dB}$	1	10.10
8.	$z _{SNR=30dB}$	4.17	28.89

2.4 ANALIZA REZULTATA

Na osnovu dobijenih rezultata za razumljivost logatoma tipa plozivi i frikativi po signalima i razumljivost govora (tabele (1 – 4) i slike (2. – 4.)) zaključuje se da:

a) logatomi plozivi predstavljeni čistim govornim signalom imaju odličnu razumljivost 23.33 %, po 26.65 % dobru i prihvatljivu, 10 % ima slabu, a 13.33% lošu razumljivost; logatomi frikativi predstavljeni čistim govornim signalom imaju odličnu razumljivost 33.33 %, 9.09 % dobru, 36.37% prihvatljivu, 6.06 % ima slabu, a 15.15% lošu razumljivost;

b) logatomi plozivi predstavljeni ulaznim signalom sa impulsnim odzivom crkve imaju 100 % lošu razumljivost; logatomi frikativi predstavljeni ulaznim signalom sa impulsnim odzivom crkve imaju 84.85% lošu, 12.12 slabu i 3.03% dobru razumljivost;

c) svi logatomi tipa plozivi i frikativi predstavljeni ulaznim signalom sa impulsnim odzivom crkve i babble šumom sa $SNR = \{-10, -5, +10 \text{ i } +20\}$ dB imaju 100% lošu razumljivost; 100 % lošu razumljivost sa $SNR = 0$ dB imaju logatomi plozivi, dok 90.91% logatoma frikativi imaju lošu razumljivost a 9.09% slabu razumljivost;

d) za logatome, plozive i frikative koji su predstavljeni čistim ulaznim signalom srednja vrednost razumljivosti je prihvatljiva 69.44% i dobra 84.04%, respektivno;

e) srednja vrednost razumljivosti logatoma ploziva i frikativa koji su predstavljeni ulaznim signalom sa impulsnim odzivom crkve pripada vrednostima loše razumljivosti (5.44%) i (14.39%), respektivno;

f) srednja vrednost razumljivosti logatoma ploziva i frikativa koji su predstavljeni ulaznim signalom sa impulsnim odzivom crkve i babble šumom za $SNR = \{-10, -5, 0, +10, +20, +30\}$ dB imaju lošu razumljivost i to: za $SNR=-10dB$

0% i 0%, za $SNR=-5dB$, 0% i 1%, za $SNR=0dB$, 0% i 3.64%, za $SNR=+10dB$ 1% i 7.07%, za $SNR=+20dB$ 1% i 10.10% i za $SNR=+30dB$, 4.17% i 28.89%, respektivno.

3. ZAKLJUČAK

U radu je izvršena procena subjektivne razumljivosti pravoslavne crkve sa velikim vremenom reverberacije, $RT = 2.06$ s pomoću komparacije rezultata dobijenih MOS testom za ocenu subjektivne razumljivosti logatoma ploziva i frikativa u prisustvu Babble šuma i vrednosti za razumljivost govora datih Međunarodnim standardom IEC 60268 – 16 [2]. Na osnovu analize rezultata pokazano je da logatomi plozivi i frikativi predstavljeni signalima sa impulsnim odzivom i Babble šumom sa vrednostima $SNR = \{-10, -5, 0, 10, 20, 30\}$ dB imaju srednje vrednosti subjektivne razumljivosti u opsegu 0 ÷ 28.89% koje pripadaju opsegu loše razumljivosti. Na osnovu toga zaključuje se da je u akustičnom prostoru pravoslavne crkve razumljivosti govora loša.

LITERATURA

- [1] J. L. Flanagan, *Speech analysis, synthesis and perception*, Springer-Verlag, Berlin, 1972.
- [2] IEC60268-16.Sound system equipment.Part 16: *Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index*, 2011.
- [3] H. J. M. Steeneken, *On measuring and predicting speech intelligibility*, Academisch Proefschrift, Soesterberg, 1992.
- [4] Anderson BW, Kalb T. , *English verification of the STI method for estimating speech intelligibility of a communications channel*, J Acoust Soc Am 1987.; 81:1982-5.
- [5] Barnett PW, *Overview of speech intelligibility*, 1999.
- [6] van Wijngaarden SJ, Drullman R. *Binaural intelligibility prediction based on the speech transmission index*, J Acoust Soc Am 2008; 123(6).
- [7] van Wijngaarden SJ, Steeneken HJM. *Objective prediction of speech intelligibility at high ambient noise levels using the Speech Transmission Index*. Eurospeech 99. Budapest, 1999.
- [8] Mapp P. *Improving the intelligibility of aircraft PA-system*, 2001.
- [9] D. H. Klatt, *Linguistic Uses of Segmental Duration in English: Acoustic and Perceptual Evidence*, Journal of the Acoustical Society of America, vol. 59, pp. 1209-1221, 1976.
- [10] ISO 3382: *Acoustics- Measurement of the Reverberation Time in auditoria*;2010.

PREGLED ENERGETSKE POTROŠNJE KOMPONENTI SENZORSKOG ČVORA SURVEY OF SENSOR NODE COMPONENTS POWER CONSUMPTION

Miloš Kosanović, *Visoka tehnička škola strukovnih studija, Aleksandra Medvedeva 20, Niš*
Mirko Kosanović, *Visoka tehnička škola strukovnih studija, Aleksandra Medvedeva 20, Niš*

Sadržaj - Osnovi cilj kome se teži kod gotovo svake aplikacije koja radi u bežičnoj senzorskoj mreži je stvaranje uslova da ona što duže radi. Osnovni faktor koji direktno određuje njen životni vek je potrošnja električne energije svakog senzorskog čvora (SČ) u njoj. Kako su glavni izvori energije kod SČ baterije koje imaju ograničenu količinu energije na raspolaganju, potrebno je raspoloživu energiju efikasno raspodeliti. U ovom radu posebno je analiziran rad svake komponente u senzorskom čvoru sa gledišta potrošnje električne energije. Dat je pregled energetske potrošnje najčešće korišćenih komponenti u arhitekturi senzorskih čvorova. Na taj način omogućeno je projektantima sistema da mogu da na jednom mestu izaberu komponente sa efikasnijim energetskim karakteristikama.

Ključne reči: bežične senzorske mreže, senzorski čvorovi, potrošnja energije, energetska efikasnost.

Abstract – The basic objective pursued by almost every application that runs in a Wireless Sensor Network is to create conditions for long lifetime. The main factor that directly determines its lifetime is electricity consumption of each sensor node (SN) in it. As the main sources of energy in SN are batteries, with a limited amount of energy, it is necessary to distribute the available energy efficiently. This paper analyzes the specific operation of each component in the sensor node from the standpoint of energy consumption. Provides an overview of the energy consumption of the most commonly used components in the architecture of sensor nodes. This allows system designers that they can choose, from one place, components with more efficient energy performance.

Key words: Wireless Sensor Networks, sensor nodes, power consumption, energy efficiency

1. UVOD

U osnovi svake aplikacije koja se primenjuje u bežičnim senzorskim mrežama (BSM) su bežični senzorski čvorovi (SČ). Oni su raspoređeni u širokom geografskom području, u kome najčešće postoje mnoge fizički nepristupačne lokacije. Osnovni snabdevač električnom energijom gotovo svih SČ-a je baterija, koja ima strogo limitirane kapacitete. Kako vek trajanja SČ zavisi od raspoloživog izvora energije, kao i njene ukupne potrošnje, jasno je da je osnovni cilj da se obezbedi što racionalnije korišćenje raspoložive energije, kako bi se obezbedio što duži životni vek BSM. Povećanje njenih kapaciteta nije moguće zbog male veličine čvorova (nekoliko mm³), a punjenje ovih baterija je dosta otežano, pre svega zbog limitiranih kapaciteta SČ, kako računarskih tako i fizičkih. Sa druge strane fizičko menjanje predstavlja jako komplikovan zadatak, ne samo zbog nepristupačnosti lokacije gde se SČ nalaze, već i zbog njihovog velikog broja u BSM (od nekoliko stotina pa do nekoliko hiljada SČ). Upravo zbog toga veliki deo istraživanja u BSM usmerena su na uštedu el.energije kako bi se omogućilo da SČ što duže traju u BSM [1]. Dva osnovna pravca su se sama nametnula na ovom području i to: racionalno korišćenje raspoložive energije i korišćenje prirodnih resursa kao izvora potrebne energije (*energy harvesting techniques*) [2].

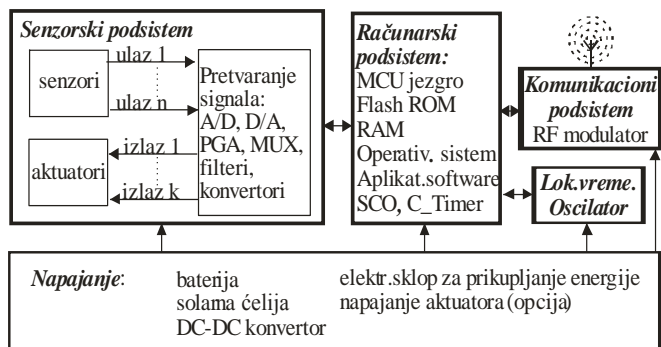
Međutim, nijedan od ovih pravaca neće dati neke rezultate ako se prilikom izbora komponenti SČ ne povede računa o

njihovoj električnoj potrošnji. U ovom radu, nakon kraćeg uvoda, u poglavlju 2 data je karakteristična arhitektura jednog senzorskog čvora. U poglavlju 3 date su karakteristike potrošnje većine procesorskih jedinica koje se primenjuju u arhitekturi SČ-ova. Problemi vezani za potrošnju energije komunikacione jedinice kao i pregled potrošnje najčešće korišćenih komunikacionih modula dat je u poglavlju 4. Poglavlje 5 daje nam podelu senzorskih jedinica kao i pregled najčešće korišćenih senzora u praksi. Poglavlje 6 zaključuje ovaj rad i daje neke smernice projektantima aplikacija za BSM-e kod izbora komponenti kod izgradnje senzorskog čvora.

2. STRUKTURA SENZORSKOG ČVORA

BSM se sastoji od potpuno samostalnih SČ koji se potpuno autonomno organizuju u jednu mrežnu celinu. Svaki SČ u BSM, u zavisnosti od senzora koji poseduje, sposoban je da detektuje, obradi i pošalje podatke, kako svoje, tako i one koje je primio od drugih SČ, ka nekom drugom SČ (*sink SČ*). Da bi to mogao da obavi potpuno samostalno, on mora da poseduje minimum hardverskih komponenti koje mu to omogućavaju. Na slici 1. prikazana je tipična arhitektura bežičnog SČ sa koje možemo da vidimo da se ona sastoji od sledećih četiri podsistema: a) senzorskog podsistema koji se sastoji od različitih senzora i/ili aktuatora zaduženih da prikupljaju ili daju podatke o nadgledanom regionu ili pojavi, b)

računarskog podsistema koji se sastoji od mikroprocesora ili mikrokontrolera, c) komunikacionog podsistema koji je predstavljen bežičnim primopredajnikom kratkog dometa, i d) energetskog podsistema u kome se nalazi baterija, DC-DC konvertor, i opciono neki generator energije. SČ može da poseduje i još neke dodatne podsisteme, ali oni isključivo zavise od vrste aplikacije, tj. namene BSM, pa ih smatramo opcionim rešenjima. Kod svakih od ovih podsistema SČ potrebno je pažljivo odabrati komponente kako bi potrošnju celokupnog senzorskog čvora sveli na najmanju moguću meru shodno aplikaciji u kojoj je taj SČ primenjen.



Slika 1. Arhitektura tipičnog senzorskog čvora

3. POTROŠNJA PROCESORSKE JEDINICE

Procesorska jedinica u SČ-u sastoji se od mikroprocesora ili mikrokontrolera (MCU) sa odgovarajućom ROM i RAM memorijom. MCU predstavlja osnovni deo svakog SČ-a jer upravlja radom svih ostalih delova i koordinira njihov rad. Osnovni zadatak procesorske jedinice je da prikuplja podatke od skupa senzora, vrši obradu tih podataka, realizuje komunikacione protokole u cilju ostvarivanja veze sa drugim elementima mreže, kao i da se stara o efikasnoj potrošnji energije u SČ-u, upravljajući jedinicom za napajanje. Pored toga pred njom je sada veoma ozbiljan zadatak: da od velike količine podataka koji dolaze do nje, izvrši njihovo ažuriranje (izbor podataka, agregaciju, njihovo sažimanje, kodovanje, šifrovanje i memorisanje), i da na osnovu toga izvrši pripremu odgovarajućih paketa koje treba da preda komunikacionom podsistemu. Posebna pogodnost ovih mikrokontrolera je njihova sposobnost da menjaju svom režim rada a samim tim i potrebnu energiju za svoj rad. Ova mogućnost posebno dolazi do izražaja baš kod aplikacija za BSM jer SČ većinu vremena provodi u stanju mirovanja – režim smanjene potrošnje, (*idle/sleep mode*) a veoma kratki deo u aktivnom stanju – režim povećane potrošnje (*active mode*).

Većina procesorskih jedinica u SČ-ima se realizuje sa CMOS procesorima koji rade na niskim frekvencijama između 1-32 kHz, pa do maksimalnih frekvencija koje se kreću do nekoliko MHz na 1.8 V DC, ili do 100 MHz na 5 V DC, što u mnogome zavisi od primenjene tehnologije. Nasuprot veoma velikoj potrošnji od 1 mA/MHz, mikrokontroleri troše 100 μ A na 32 kHz. Međutim i ovako mala potrošnja je dovoljna da ne može da se garantuje višegodišnji rad SČ ako mikrokontroler radi neprekidno [3]. Zato je potrebno da mikrokontroler menja svoje režime rada tj. da poseduje manje energetske zahtevne režime rada kao što su *idle*, *sleep* i *stop* mod. Raniji mikrokontroleri podrazumevali su da se dovede poseban signal na određeni ulaz u mikrokontroler koji bi ga prebacio u drugi režim rada. Današnji mikrokontroleri zadržali su taj način ali poseduju i programabilne vremenske taj-

mere koji mogu samostalno da generišu signale za prebacivanje u različite režime rada. Ovaj način omogućava da mikrokontroler radi u režimu smanjene potrošnje energije skoro 99,9 % a samo 0.1 % u aktivnom režimu tj. režimu povećane potrošnje.

Tabela 1 Potrošnja energije za neke tipične CPU

CPU	Power supply [V]	Power Active [mW]	Power down [μ W]	Sensor Node
4-bit CPU				
EM6603	1,2-3,6	0,0054	0,3	
EM6605	1,8-5,5	0,012	0,9	
8-bit CPU				
ATtiny 261V/ 461V/861V	1,8-5,5	*0,38 mA @ 1,8V 1MHz	*0,1	
PIC16F877	2-5,5	1,8	3	CIT
MC68HC05 PV8A	3,3-5	4,4	485	
AT90LS853 5	4-6	15	45	WeC, Rene
ATmega163L	2,7-5,5	15	3	Rene2, Dot
ATmega103L	2,7-3,6	15,5	60	Mica, I-Badge
C8051F311	2,7-3,6	21	0,3	Parasitic
ATmega128L	2,7-5,5	26,7	83,15	Mica, Mica2Dot Mica2, BTnode
PIC18F452	2-5,5	40,2	24	EnOcean, TCM
80C51RD+	2,7-5,5	48	150	RFRAIN
16-bit CPU				
MSP430 F149	1,8-6	3	15	Eyes,BSN
MSP430F16 11	1,8-3,6	3 1,5	15 6	Telos, SNoW5
MC68EZ32 6	3,3	60	60	SpotON
32-bit CPU				
AtmelAT91 ARM Thumb	2,7-3,6	114	480	
Intel PXA271	2,6-3,8	193	1800	iMote2
Intel StrongArm SA1100	3-3,6	230	25	WINS μ AMPS

U Tabeli 1. prikazani su trenutno najpopularniji mikrokontroleri koji se ugrađuju u današnje arhitekture SČ-ova sa tipičnom potrošnjom u različitim režimima rada [4, 5, 6]. Analizirajući Tabelu 1. možemo zaključiti da su u SČ-ima primenjeni mikrokontroleri sa 4-, 8-, 16- i 32-bitnom magistralom podataka. 4-bitni mikrokontroleri su korišćeni u prvoj generaciji SČ-ova i uglavnom su bili namenjeni za očitavanje on/off signala (detekcija osvetljenja, temperature, kretanja).

Druga generacija SČ-ova se obično realizuje sa 8-bitnim mikrokontrolerima. U proseku njihova potrošnja u aktivnom režimu rada varira od 3 mV do 30 mV, a u režimu smanjene potrošnje oko 10 μ V. SČ-ovi zadnjih godina koriste znatno snažnije 16/32-bit mikrokontrolere, sa znatno većim brojem različitih režima rada u režimu smanjene potrošnje energije. Ove performanse omogućuju akviziciju znatno većeg broja podataka tako da ovi SČ mogu da prihvate i distribuiraju i mnoge multimedijalne podatke (zvuk i slika). Međutim potrošnja 32-bitnog mikrokontrolera u aktivnom režimu je >100 mV što zahteva od SČ-ova da imaju i dodatnu komponentu, generator električne energije, koji će omogućiti prikupljanje dodatne energije iz prirodne sredine [7].

4. POTROŠNJA KOMUNIKACIONE JEDINICE

Uspešnost rada neke aplikacije u BSM u mnogome zavisi od pouzdane komunikacije između SČ-ova. U višeskokovitoj (*multi-hop*) topologiji senzorske mreže uspostavljaju se višestruke veze između SČ-ova, a kako je komunikacija između SČ jedan od najvećih potrošača električne energije i to kako "korisne" (*useful*) tako i "nekorisne" (*wasteful*) energije, veoma je važno da se ona svede na najmanju moguću meru. Trošenje korisne energije odnosi se na zadatke koji moraju da se urade: slanje i prijem podataka, obrada pročitanih podataka sa senzora i prosleđivanje podataka zbog višeskokovite (*multi-hop*) topologije mreže. Nekorisno trošenje energije predstavlja čisti gubitak energije jer ona odlazi na neke zadatke koji ne donose neke rezultate, ali su neophodni kako bi se održala ispravna komunikacija između SČ-ova. Tu se pre svega misli na energiju koja se potroši za osluškivanje kanala, kako kod prijema (*idle listening*) tako i kod predaje (*media access control*), na dodatne retransmisije paketa (kada dođe do greške u prijemu paketa), na predaju većom snagom od potrebne pa više SČ-ova nepotrebno prima duple informacije (*overhearing*), na slanje kontrolnih paketa/poruka koje nisu uvek potrebne kao i na slanje podataka prema SČ-ima koji nisu iz nekog razloga u mogućnosti da prime paket (*overemitting*) [8].

Pravilnim izborom režima u kojima će SČ raditi može se znatno uštedeti energija SČ. Međutim taj zadatak nije baš jednostavan, jer na ukupnu potrošnju energije u SČ-u utiču mnogi parametri, od kojih su mnogi nedeterministički. Tako na primer: ako potpuno ugasimo primopredajnik (nemamo nikakvu potrošnju osim struje curenja), ponovno njegovo aktiviranje zahtevaće kompletnu njegovu inicijalizaciju kao i konfigurisanje za rad, što je vremenski zahtevan posao. Sa druge strane, ako primopredajnik iz aktivnog režima prelazi u neaktivni (neki od *Sleep* režima rada sa smanjenom potrošnjom), potrebna je energija za pamćenje trenutnog stanja komponentata koje se isključuju, kao i dodatna energija i vreme za ponovno vraćanje tih komponenta u aktivni režim rada. U zavisnosti od stanja komunikacija kao i vrste aplikacije operativni softver je zadužen za izbor odgovarajućeg režima rada. Dodatni problem je da svaka promena režima rada troši takođe deo energije [9].

Tipični predstavnici RF primopredajnika koji se najčešće ugrađuju u SČ-ima su CC1000 (315-915 MHz) i CC2420 (2400 MHz). Potrošnja ovih čipova u režimu Rx, Tx, Idle iznosi 9.6mA, 16.5mA/10dBm, 1 μ A za CC1000 i 19.7mA, 17.4mA/0dBm, (1 μ A) za CC4200, respektivno [43]. U Tabeli 3.5 prikazani su većina popularnih primopredajnika koji se danas ugrađuju u SČ sa odgovarajućom potrošnjom u različitim režimima rada [37, 55, 56].

Tabela 2. Potrošnja energije za komercijalno dostupne RF primopredajnike

Tip	Takt [MHz]	Rx snaga [mA]	Tx snaga [mA/dBm]	Strujagašnja [μ A]
RF primopredajnici male potrošnje (low-power)				
MPR300CB	916	1,8	12	1
SX1211	868-960	3	25/10	
TR1000	916	3,8	12/1,5	0,7
CC1000	315-915	9,6	16,5/10	1
RF primopredajnici srednje potrošnje (medium-power)				
nRF401	433-434	12	26/0	
CC2500	2400	12,8	21,6	
XE1205	433-915	14	33/5	0,2
CC1101	300-928	14,7	15	0,2
CC1010	315-915	16	34/0	0,2
CC2520	2400	18,5	17,4/0	<1
CC2420	2400	19,7	17,4/0	1
CC1020	402-915	19,9	19,9	0,2
CC2430	2400	19,9	19,9	
PH2401	2400	20	20	
nRF2401	2400	22	10/0	0,4
CC2400	2400	24	19/0	1,5
CC2530F32	2400	24	29/1	
RC1180	868	24	37/0	
LMX3162	2450	27	50	
STD302N-R	869	28	46/0	
MC13191/92	2400	37	34/0	1
RF primopredajnici velike potrošnje (high-power)				
ZV4002	2400	65	65/0	140

Analizirajući Tabelu 2. može se zaključiti da se RF moduli koriste u sva tri navedena ISM područja: 433.05 - 434,79 MHz, 902 -928 MHz i 2400 - 2483,5MHz. Imajući u vidu da je odnos režima predaje (**Tx**) i prijema (**Rx**) obično 1:1000, u Tabeli 3.5 prikazani su RF moduli klasifikovani u odnosu na njihovu potrošnju koju oni imaju u režimu prijema podataka (**Rx power**). Kao što se iz Tabele 3.5 vidi u prvu grupu su svrstani primopredajnici koji je za prijem podataka (režim **Rx**), potrebna struja manja od 10 mA. Drugu grupu, nazvanu primopredajnici srednje potrošnje karakteriše potrošnja struje od 10 mA do 50 mA. Zadnja grupa predstavlja primopredajnike koji najviše zahtevaju energiju za svoj rad i karakteriše ih potrebne sturije potrošnje koje su veće od 50 mA.

5. POTROŠNJA SENZORSKE JEDINICE

Senzorska jedinica zadužena je za povezivanje SČ-a sa spoljašnjim svetom i predstavlja osnovnu komponentu na osnovu koje SČ prikuplja podatke. Osnovni zadatak joj je da obavlja senzorske funkcije, tj. očitavanje jednog ili više senzora koji su povezani na nju, kao i da izvrši analognodigitalnu konverziju očitanih signala. Senzorska jedinica se sastoji od dva podsistema: senzorskog (CCD kamera, mikofon ili skalarni senzor) i analognodigitalnog konvertora (ADC). Senzorski deo je zadužen za neposredno prikupljanje fizičkih veličina iz navedenog prostora i za njihovo pretvaranje u električne signale koje će predati ADC konvertoru. Uloga ADC je da analogne signale, koji predstavljaju realan

odraz posmatrane pojave, pretvori u odgovarajuće digitalne signale i iste preda MCU jedinici. Postoji veoma veliki broj senzora zaduženih za konverziju različitih fizičkih veličina. Oni se mogu podeliti prema nekoliko kriterijuma: prema načinu rada, prema vrsti ulaznog i izlaznog signala, prema složenosti, prema načinu merenja i td. Sa energetske tačke gledišta, na osnovu njihove potrošnje, možemo ih podeliti u tri osnovne kategorije [34]:

Tabela 3. Potrošnja energije kod senzora

Tip senzora	Namena	Potrošnja [mW]
Micro-potrošnja		
SFH 5711	Svetlost	0,09
DSW98A	Dim	0,108
SFH 7741	Prisustvo	0,21
SFH 7740	Optički prekidač	0,21
ISL29011	Svetlo	0,27
STCN75	Temperatura	0,4
Mala-potrošnja		
TSL2550	Svetlo	1,155
ADXL202JE	Akcelerometar	2,4
SHT 11	Vlažnost/temper	2,75
MS55ER	Vazdušni pritisak	3
QST108KT6	Dodir	7
SG-LINK(1000Ω)	Naprezanje	9
Srednja-potrošnja		
SG-LINK(350Ω)	Naprezanje	24
iMEMS	Akcelerometar	30
OV7649	CCD	44
2200-2600 Series	Pritisak	50
Velika-potrošnja		
TI50	Vlažnost	90
DDT-651	Detektor pokreta	150
EM-005	Prisustvo	180
BES 516-371-S49	Prisustvo	180
EZ/EV-18M	Prisustvo	195
GPS-9546	GPS	198
LUC-M10	Nivo	300
CP18,VL18,GM60	Prisustvo	350
TDA0161	Prisustvo	420
Veoma velika-potrošnja		
FCS-GL1/2A4-AP8X-H1141	Kontrola kretanja	1250
FCBEX11D	CCD	1900/2800
XC56BB	CCD	2200

1. Neusmereni pasivni senzori (*Passive omnidirectional sensors*) – predstavljaju senzore koji su obično fiksirani i ne zahtevaju neke dodatne uslove da bi mogli da detektuju neku promenu. Samo u trenutku promene nadgledane veličine oni se aktiviraju da bi tu promenu registrovali. Čak šta više mnogi od ovih senzora i ne zahtevaju neku energiju za detektovanje promene već tu energiju uzimaju iz spoljne okoline. Tipični primeri ovakvih senzora su RFID senzori, toplotni, svetlosni, mikrofoni, hemijski, detektori dima i pritiska, detektori vlažnosti, potresa i td.

2. Usmereni pasivni senzori (*Passive narrow-beam sensors*) – predstavljaju pasivne senzore ali samo za jedan uzani deo

unapred definisanog prostora koji nadgledaju. Tipičan primer je CCD kamera kod koje je potrebno dodatno podešavanje (usmeravanje), ako se želi promeniti ili proširiti prostor koji ona nadgleda.

3. Aktivni senzori (*Active sensors*) – senzori iz ove grupe konstantno nadgledaju pojavu i stalno generišu podatke o njoj. Tipični primeri su radar, sonar ili neki seizmički senzori.

U Tabeli 3. prikazani su neki od tipičnih senzora koji su našli svoje mesto u SČ-ima sa njihovom odgovarajućom potrošnjom energije. Prikazani senzori podeljeni su u nekoliko grupa u zavisnosti od količine energije koja je potrebna za njihov rad. Kao što se iz tabele vidi potrošnja senzora varira od svega nekoliko μW pa do 2,2 W kod senzora koji detektuju multimedijalne promene. To je i jedan od primarnih problema sa kojim se susreću BSM kod promene za prenos multimedijalnih podataka jer ovi senzori mogu da budu i te kako veliki potrošači.

6. ZAKLJUČAK

Uspešnost rada neke aplikacije u BSM sve više se meri dužinom njenog trajanja. Racionalan utrošak energije postao je osnovni i neophodni zadatak koji treba da ispune gotovo sve aplikacije koje rade u BSM. Cilj ovog rada je bio da se ukaže na neke od bitnih karakteristika potrošnje električne energije u SČ i da da pregled potrošnje najčešće korišćenih komponenti u arhitekturi jednog SČ. Izvršena je klasifikacija komponenti po stepenu potrošnje električne energije i dat pregled tipične energetske potrošnje za svaku komponentu.

LITERATURA

- [1] H.Yu Shwe, J.X.Hong, S.Horiguchi, "Energy saving in WSN", *Jurnal of Communicat. and Computer*, May 2009
- [2] Raghunathan V., Ganerival S., Srivastava M., "Emerging techniques for long lived wireless sensor networks", *IEEE Communication Magazine*, Vol.44, No.4, 2006
- [3] Berringer K., "High-performance mixed-signal MCUs in low- power applications", *EPN*, Vol. 37, No. 7, 2008
- [4] Marcos Augusto M.V., Diogenes Cecilio, Jose M., "Survey on Wireless Sensor Network Device", <http://perso.ens-lyon.fr/isabelle.guerin-lassous/Enseignement/survey-WSN-devices.pdf>, pos. 15.10.2013
- [5] Atmel Corporation Datasheets, www.atmel.com/products/, pos. 15.10.2013
- [6] Tatiana Bokareva, "Mini Hardware Survey", WEB page, http://www.cse.unsw.edu.au/~sensar/hardware/hardware_survey.html, pos. 15.10.2013
- [7] M.Stojcev, M.Kosanovic, Lj.Golubovic, "Power management and energy harvesting techniques for wireless sensor nodes", In *Proceedings of 9th TELSIS IEEE 7-9.10.2009*
- [8] E.Szynkiewski, P.Kwasniewski, I.Windyga, "Comparative Study of WSN Energy-Efficient Topologies and Power Save Protocols", *Jurnal of Telecommun.and Information Technology*, 3/2009
- [9] Estrin, Deborah, et al. "Connecting the physical world with pervasive networks." *Pervasive Computing*, IEEE 1.1 (2002): 59-69

TERMOVIZIJSKI PRISTUP U POSTUPCIMA REVIZIJE I REMONTA TRANSFORMATORSKIH STANICA

TERMAL IMAGING APPROACH IN AUDIT AND OVERHAUL PROCEDURES OF TRANSFORMER STATIONS

Dejan Blagojević, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Natalija Tošić, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Nataša Nešić, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U radu je prezentovan značaj termovizijskih ispitivanja pri kontrolidelovala energetske sistema u zimskom i kontrola energetskih transformatora, pri čemu je termografija tu uvedena kao dijagnostička metoda. Uz pomoć termovizijske kamere Flir e30, dobijeni su egzaktni podaci o stanjima na transformatorima, mestima pregrevanja, i potencijalnim mestima kvara. Primena termografije je proizašla iz dugogodišnjeg rada na ovom polju, koristeći se bogatim iskustvima i zapažanjima korisnika tokom praćenja stanja opreme u eksploataciji.

Gljučne reči: Termovizija; Infracrveno zračenje; Temperatura; Transformatori;

Abstract - This paper presents the importance of examining the thermal imaging device and control energy transformers, where the thermography here introduced as a diagnostic tool. Systematic thermovision control, with Flir e30 camera, was introduced into regular maintenance of installed equipment in order to enable the regular detection of faults. The application of thermography resulting from long-term experience in this field, using rich user experiences and observations during the monitoring equipment in service.

Key words: Thermography; Infrared radiation; Temperature; Transformers

1. UVOD

U razvoju teorije toplotne provodljivosti, izdvaja se veliki broj etapa, koja karakterišu različiti pristupi i formaulciaj osnovnih parametara procesa [1]. Međutim siva njma, prethodilo je otkriće prvih primitivnih naprava za merenje temperature, da bi uz njihovu širu primenu, pojam toplote se polako odvojio od pojma temperature, i n aneki način doveo u istu ravan sa kinetičkom energijom sistema, a zatim i sa molekularno-atomskom strukturom supstancije u okviru kintičke teorije gasova, fizike čvrstog stanja i teorije tečnosti. Ovo je poslužilo kao osnova za formiranje moderene teorije stanja termičke ili toplotne ravnoteže, odnosno toplotne i termičke interakcije sistema [1-4]. Prvi način, toplotne provodljivosti ostvaruje se elektromagnetnim zračenjem. Kretanje toplotnih zraka, u opštem slučaju se naziva emsijom, koja se u saglasnosti sa zakonom o očuvanju energije, odigrava uz utrošak nekog drugog oblika energije, što upućuje na zaključak da samo materijalne čestice, a ne geometrijske zapremine ili površine mogu emitovati toplotne zrake. Kvalitativni opis fenomena zračenja zahteva, obejedinjavanje, skupa analiza koje isiti posmatraju i opisuju sa njegovih različitih stanovišta koja se odnose na, recimo, pojam zraka, njihovu strukturu, položaj u prostoru, njegovu energiju [4]. Ovako sveobuhvatan pristup, sa detaljnim analizama, omogućio je razvoj i primenu širokog spektra tehnologija primenjivih u procesima kontrole i monitoringa, a koji su bazirani na gore pomenutim fenomenima, teorijama i zakonima [5].

Jedna od takvih metoda jeste i metoda termovizijskog praćenja detekcije stanja određenih procesa koje u osnovi svog fizikog koncepta upravo imaju toplotno emisiju [6].

Sa druge strane, polazeći od osnovnih postulata koji se odnose na proticanje električne struje, po kojim je toplotni efekat prvi prateći efekat proticanja električne struje, zatim od samog koncepta električne provodljivosti, kintika sudara i interakcije koje se odigravaju kako na mikro tako i makro nivou, sasvim je bilo logično i očekivan razvoj metode termovizijskih praćenja merenja stanja električne instalacija i mreže u opšte.

Drugim rečima, toplotno zračenje, je mehanizam koji isključivo zavisi od temperature tela i od stanja njegove površine. Osnovni izvor infracrvenog zračenja je upravo unutrašnja energija tela. Unutrašnja energija tela je posledica kretanja atoma i molekula od kojih je izgrađeno neko telo. Sva tela temperature iznad 0°C zrače toplotu, tj. emituju infracrveno zračenje [1-5].

Postoje brojni matematički modeli i statističke raspodele gustine zračenja u funkciji temperature, o kojih je najpoznatije Planckova raspodela. Planckova raspodela opisuje spektralnu gustinu zračenja crnog tela u snagu temerčke ravnoteže na datoj temperaturi, i kao model poslužila je za brojna eksperimentalna istraživanja. Istovremeno Planckova raspodela smatra se jednom od osnova razvoja moderene fizike i kvantne teorije Tela na visokoj temperaturi zrače u širokom opsegu spektra (vidljivi, ultraljubičasti i infracrveni) [6, 7].

Sve prethodno navedeno bila je dobra osnova za razvoj termovizije.

2. OSNOVI TERMOVIZIJE

Termovizija je nezamenljiva u slučajevima kada je potrebno beskontaktno ispitivanje procesa koji u osnovu odnosno kao pratilac emituju toplotno zračenje u širokom spektru. Posmatranjem objekta termovizijskom kamerom dobija se i prati u vremenu raspodela temperatura na vidljivoj površini objekta. Slike koje uočava ljudsko oko, kamera i fotoaparati u principu predstavljaju raspodelu reflektovanih zraka vidljivog spektra [7].

Savremene infracrvene kamere konstituisane su tako da apsorbovano zračenje sa snimljenih objekata prevedu u odgovarajuće boje vidljivog dela spektra, tako da dobijena slika prikazuje temperaturnu mapu snimanog objekta. Današnja tehnologija omogućava dobijanje termovizijskih slika visoke rezolucije uz numerički i grafički prikaz temperature svake tačke sa greškom manjom od $0,1^{\circ}\text{C}$.

Primena termovizije kao savremene metode za merenje, ali i metoda skladištenja i analize podataka, njihovog poređenja online monitoring-a u industrijskim i energetske postrojenjima, omogućava stvaranje tehničkih, eksploatacionih i organizacionih preduslova za povećanje energetske efikasnosti i smanjenje troškova održavanja, ispitivanje stanja elektroenergetske opreme, obrtnih agregata, izolacije, kotlova i posuda pod pritiskom, građevinskih konstrukcija. Takođe, termovizija sve više primene nalazi u sistemima nadgledanja i zaštite, u svim slučajevima gde promena termičke slike ukazuje na neku anomaliju. Omogućava rano otkrivanje oštećenja i samim tim sprečavanje ozbiljnih otkaza [6, 7].

2.1 PREDNOSTI TERMOGRAFIJE U ODNOSU NA DRUGE METODE MERENJA

Jedna od mnogih prednosti termografije je sposobnost obavljanja inspekcija dok su električni sistemi pod opterećenjem. Infracrvena termografija je dijagnostička metoda bez kontakta, pa osoba koja obavlja merenje, može skenirati pojedini deo opreme iz sigurne udaljenosti, napustiti područje opasnosti i obavljati analizu prikupljenih podataka bez izlaganja opasnosti.

Obzirom da se temperatura registruje kao temperaturna raspodela u realnom vremenu, koja se prikazuje kao vizuelna informacija, termografija omogućava relativno upoređivanje temperature pojedinih tačaka i površina, doprinoseći sagledavanju šire slike problema koji se prati ili analizira [3].

Takođe, velika prednost jeste i mogućnost merenja temperature objekata u pokretu, objekata sa složenim geometrijskim oblicima, objekata u vakuumu ili objekata koji su fizički nedostupni iz razloga bezbednosti i sl. Analiziranje objekata čija se temperatura drastično menja ili fenomena koji se dešavaju u kratkim vremenskim intervalima, su veoma često zadatak termografije, kao i merenje temperature mikroskopskih objekata bez uticaja na tok i rezultat merenja.

Njenim jednostavnim rukovanjem, operateri su bezbedni, mogu veoma brzo da vide dalji tok dešavanja na onome šta mere i da na osnovu toga relativno brzo dobiju rezultate i donesu pravu odluku za kratko vreme.

Druge metode merenja uglavnom zahtevaju zaustavljanje procesa rada, što momentalno prevazilazi predviđene troškove. Primena termovizije u procesima preventivnog održavanja i kontrole rada sistema, jeste jedno od glavnih polja aplikacija istih [7, 8].

3. MERENJA TERMOVIZIJSKOM KAMEROM NA TRANSFORMATORIMA

Za prevenciju ozbiljnih problema u radu i funkcionisanju delova energetskog sistema, bilo da se radi o niskonaponskoj ili visokonaponskoj mreži i njenim delovima, termovizijski pristup kontroli i praćenju, pokazao se u nizu primera kao izvrstan alat. U slučaju trafostanica, ovim pristupom mogu se detektovati greške u povezivanju i labavo pričvršćenih terminala, mesta povećanog opterećenja, pregrejanost ulja u transformatorskim sudovima i sl. Kroz pomenute postupke kontrole i održavanja, otkrivaju se potencijalni uzorci požara. Dalje, mogućnost prikupljanja podataka u realnom vremenu, ova metoda je za kratko vreme postala neozobilazna u već pomenutom preventivnom pristupu održavanju elemenata energetskog sistema [8, 9].

Ono što je bitno naglasiti u daljem, jeste i značaj same tehnike merenja. Drugim rečima, rezultat merenja treba da bude odraz stvarnog stanja objekta, pri čemu treba izbegavati prikaze koji sadrže jake refleksije izvora toplote u blizini objekta koji se meri, odnosno, koristiti dostupne filtere kao i druge opcije. Dalje, potrebno je prilagoditi parametre (emisijski faktor) posmatranom objektu. Sve to zahteva stručnost i osposobljenost osoblja koje provodi termografska merenja [8].

3.1 KONTROLA NIVOVA ZAGREJANOSTI TRANSFORMATORA

Procena stanja transformatora i njihove pogonske spremnosti, analiza rizika eksploatacije i donošenje odluka o potrebnim intervencijama koje treba preduzeti apsolutno su mogući termovizijske kontrole [5]. Komercijalni gubici koji nastaju usled kvara podrazumevaju, pored štete nastale na opremi i gubitke nastale prekidom rada i isporuke električne energije, a oni su često veći od same štete na opremi

Na tome se i zasnivaju ciljevi merenja, pa se dobrom analizom problema koji se mogu javiti na transformatorima, smanjuju i gubici nastali kvarovima ili prekidima rada.

Kada se govori o radovima koji obuhvataju revizije i remonte transformatorskih stanica, tu se pre svega misli na poslove ispitivanja transformatora snage, podešavanja i ispitivanja rasklopne tehnike, ispitivanja zaštite, pregleda stanja kablovskih glava i HTZ opreme i drugo na svim standardnim naponskim nivoima 110/35, 35/10 i 10/0,4kV kao i na drugim nestandardnim naponskim nivoima [8-10].

Pri detektovanju kritičnih mesta na transformatorima, pregrevanja se mogu razvrstati u tri grupe, zavisno od visine temperature pregrevavanja [7] :

1. Pregrevanja do 10°C u odnosu na temperature okoline I mogu se tolerisati,
2. Pregrevanja od 10°C do 30°C , na kojima se treba izvršiti revizija u roku od 60 dana,
3. Pregrevanja preko 30°C , koja zahtevaju hitnu reviziju.

Upravo ono što je predstavljeno kao karakteristika i prednost primene termovizjskog pristupa bio je razlog, odluke da se baš ova tehnika primeni pri kontroli merenja stanja na dve trafo stanice u okviru sistema EPS Distribucije, na lokacije mesta Toponica, u zimskom režimu rada.

U ovoj analizi sprovedena je kontrola nivoa zagrejanosti površine transformatorskog suda i svih dostupnih delova i pratećih sklopova transformatora je uvedena u praksu zbog

možnosti detekcije unutrašnjih kvarova i praćenja toplotnih procesa u različitim režimima rada transformatora [6]. Dobrom slikom i analizom dobijene su kompleksne informacije o visini i raspodeli temperature u trenutnom režimu opterećenja transformatora (decembar 2016).

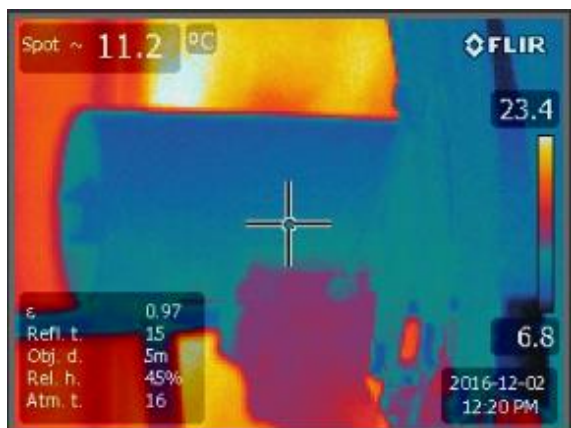
Povećano zagrevanje može biti rezultat povećanih gubitaka transformatora. Ukoliko je to povećanje malo, rashladni sistem transformatora je obično dovoljan da anulira efekte povećanih gubitaka. U slučaju povećanog zagrevanja koncentrisanog na jednom mestu ili u ograničenoj zoni, postoji realna opasnost od pregrevanja i verovatnoći da će doći do pogoršanja njihovih mehaničkih i električnih svojstava [9, 10, 12].

4. REZULTATI MERENJA I ANALIZA

Za ova ispitivanja, korišćena termovizijska infracrvena kamera Flir e30, proizvod kompanije FLIR Systems, koja je svetski lider u proizvodnji infracrvenih kamera od pedesetih godina prošlog veka. Primeri otkrivanja toplotnih stanja koja su neregularna na energetskim transformatorima, prikazana su kroz analizu stanja transformatorskog suda, nivoa ulja koji se nalazi u sudu i katodnih odvodnika [9].

Termovizijsko ispitivanje vršilo se na dva transformatora. Prvi, koji je manji je naponskog nivoa 10/0,4 kV i snage 8000 MW. Napon koji do njega dodje ima vrednost 10 000V, a zatim se spušta na onu vrednost koju koriste domaćinstva. Sa ovog trafoa može se snabdeti oko 100 domaćinstava.

Pri ispitivanju, opterećenje i rad sistema za hlađenje, trebaju biti u nepromenjenom režimu u dužem vremenskom periodu, zbog ostvarivanja konstantnog stanja u pogledu zagrejanosti [9, 10, 11].

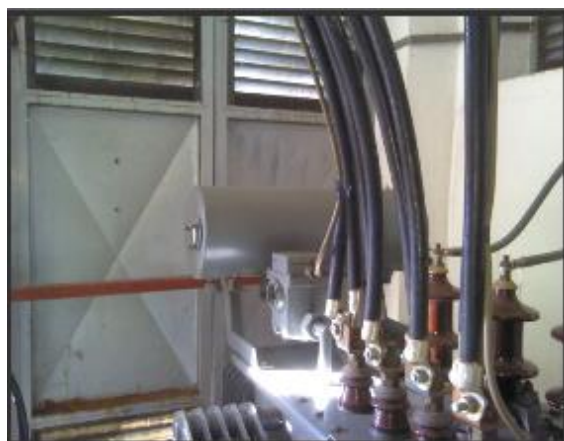


Slika 1. Termovizijski prikaz manjeg transformatorskog suda

Iz prikazanog termograma se jasno može videti da nema velikih temperaturnih razlika na površini suda, iz čega se može zaključiti da ne bi trebalo da postoji mogućnost pregrevanja istog.

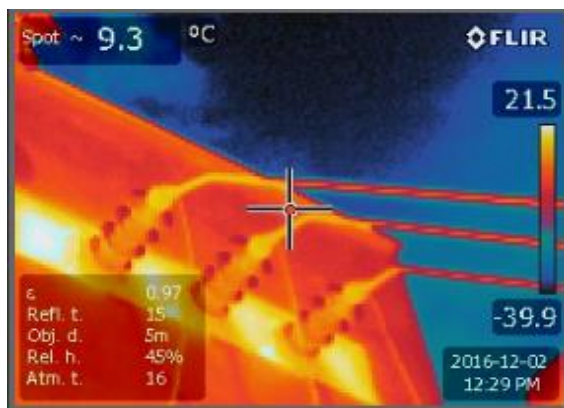
Drugi, veći, transformator koji je bio ispitivan, snabdeva oko 6500 domaćinstava i oko 3000 virmanskih potrošača. Funkcioniše u paralelnom sistemu, iz pravca Niša i iz pravca Aleksinca, pri čemu ukoliko dođe do kvara na jednom od njih, napajanje se automatski prebacuje na onaj koji je u ispravnom stanju.

Takođe ima snagu od 8000 MW, dok mu je nivo napajanja 35/0,4 kV. Napon koji do njega dodje ima vrednost 35 000, koji od njega izlazi sa vrednošću 10 000V.



Slika 2. Prikaz manjeg transformatorskog suda

Ovaj transformatorski sud proizveden je 1985. godine, ima masu oko 15 tona i količina ulja koja može stati u njega je oko 3 tona. Na vrhu suda postoji, takozvana, Buholc zaštita, koja služi za automatsko isključivanje transformatora u slučaju gubitka ulja ili nedovoljne količine istog. Posедуje katodne odvodnike koji služe za zaštitu trafo stanice od prenapona i od njihovog pregrevanja [11].



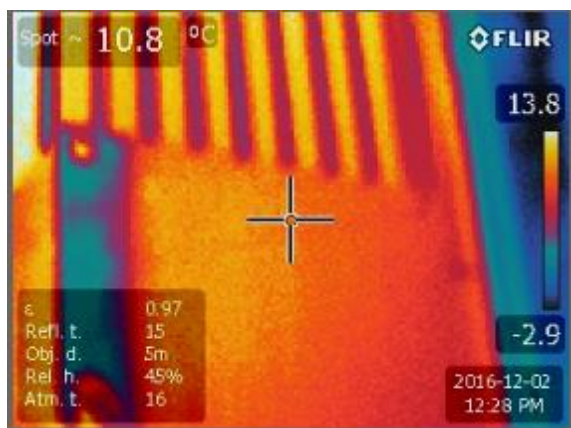
Slika 3. Termovizijski prikaz katodnih odvodnika za napon od 35 000V

Zaključak koji se može doneti nakon analiziranja ovog termograma jeste da na odvodnicima postoji velika temperaturna razlika. Maksimalnu temperaturu od 21,5°C nije alarmantna jer od temperature okoline, koja je u tom trenutku bila 6°C, nije previše udaljena, ali bi bilo poželjno da se izvrši revizija u roku od dva do tri meseca.



Slika 4. Realni prikaz katodnih odvodnika za napon od 35 000V

Na većem transformatoru, izdvojen je njegov deo, gde je prikazana pravilna raspodela temperature na njegovoj površini. Nisu detektovane zone neregularnog grejanja, koje bi ukazivale na defekte termičkog karaktera.



Slika 5. Termovizijski prikaz dela većeg transformatorskog suda

Referentna tačka, zabeležena je na 10,8°C i u odnosu na nju, maksimalna i minimalna temperatura su na potpuno prihvatljivom nivou.



Slika 6. Foto prikaz dela većeg transformatorskog suda

5. ZAKLJUČAK

Termografija je danas jedna od dominantnih metoda u dijagnostici kvarova u industriji i elektroprivredi. Prednost ove metode je što se sprovodi u toku normalnog rada postrojenja bez zaustavljanja ili ometanja funkcionisanja elemenata ili aparata. Iako stepen zagrejanosti nije uvek idealan indikator problema u elementima električnog sistema, izraženo grejanje usled povećanog električnog otpora često prethodi kvarovima. Efikasno praćenje temperaturnih režima energetskih transformatora se stvara podloga za upravljanje ovim režimima. Rezultat toga može biti smanjenje trajanja zastoja i troškova reparacija, odnosno produženje veka eksploatacije transformatora. Generalno, rezultati mogu imati značaj i za konstruktore transformatora sa stanovišta modelovanja transformatora i proračuna gubitaka i kao dokaz o valjanosti konstrukcije transformatora.

LITERATURA

- [1] Adkins, C. J. (1983). *Equilibrium Thermodynamics* (3rd ed.). Cambridge University Press. ISBN 0-521-25445-0.
- [2] Cotton, A. (1899). "The present status of Kirchoff's law". *The Astrophysical Journal*. **9**: 237–268. Bibcode:1899ApJ.....9..237C. doi:10.1086/140585.
- [3] Crova, A. P. P. (1880). "Étude des radiations émises par les corps incandescents. Mesure optique des hautes températures". *Annales de chimie et de physique. Série 5*. **19**: 472–550.
- [4] Dougal, R. C. (September 1976). "The presentation of the Planck radiation formula (tutorial)". *Physics Education*. **11** (6): 438–443. Bibcode:1976PhyEd..11..438D. doi:10.1088/0031-9120/11/6/008.
- [5] Ehrenfest, P. (1911). "Welche Züge der Lichtquantenhypothese spielen in der Theorie der Wärmestrahlung eine wesentliche Rolle?". *Annalen der Physik*. **36** (11): 91–118. Bibcode:1911AnP...341...91E. doi:10.1002/andp.19113411106
- [6] P. Blečić, B. Franković, K. Lenić: Primjena termovizijske infracrvene kamere u termotehnici, *Eng. Rev.*, 29 (2009) 47- 59
- [7] <http://kostelgrad.hr/ic-kontrola-i-pracenje/energetika-i-elektrotehnika/>
- [8] S. Milosavljević, N. Miladinović, V. Polužanski, J. Delić, M. Sušić, LJ. Nikolić i drugi, "Izrada baze i sistematizacija podataka potrebnih za praćenje, dijagnostiku i procenu stanja energetskih transformatora u elektranama EPS-a", studija, Elektrotehnički institut Nikola Tesla, 2012 (urađeno za JP Elektroprivreda Srbije)
- [9] FLIR Systems: FLIR e30, User's manual, Publ. No. I'' 559597 Rev. a500- ENGLISH (EN)- Decembar 10, 2010
- [10] Senčanić, M., Čičkarić Lj., „Primena termovizijskih ispitivanja u preventivnom održavanju transformatora”, Savetovanje, "Transformatori u energetici", april 1996 Beograd, str. 309-316
- [11] Senčanić M., Čičkarić Lj. „Primena termografskih kontrola u dijagnostici stanja elektro i termoenergetske opreme u postrojenjima“, *Elektroprivreda*, br. 1, 2000. Pregledni rad UDK: 621.362.1, str 43-48

ANALIZA SIGNALA MOBILNE TELEFONIJE U PRISUSTVU SMETNJI ANALYSIS OF MOBILE SIGNAL IN THE PRESENCE OF INTERFERENCE

Srdjan Jovković, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U ovom radu razmatra se prenos satelitskog signala u prisustvu različitih šumova i smetnji. Za smanjenje uticaja smetnji na performanse sistema koristeće se diverziti tehnika. U radu će biti prikazano da se diverziti tehnikom može značajno poboljšati kvalitet prenosa. Ovaj način poboljšanja kvaliteta prenosa signala uspešno se primenjuje u bežičnim telekomunikacionim sistemima i mobilnoj telefoniji.

Ključne reči: Nakagami , Rayleigh, Rician, Wejbuli, Selective Commbining, Chanel model

Abstract - In this paper, a transfer of the satellite signal in the presence of different noises and disturbances is presented. To reduce the influence of noise on the performance of the system will be used diversity techniques. The paper will be presented to the diversity technique can significantly improve the transmission quality. This method of improving signal transmission quality of an effectively applied in wireless telecommunication networks and mobile telephony.

Key words: Nakagami , Rejli, Rajs, Vejbul, Selektivno kombinovanje, Model.kanala.

1. UVOD

Rad obuhvata problematiku istraživanja uticaja različitih smetnji u sistemima za prenos digitalnih telekomunikacionih signala i daje primere za konkretna rešenja i postupke za njihovo efikasno otklanjanje [1]. Predmet rada je analiza i sinteza modela koji se mogu koristiti da bi se smanjili uticaji smetnji na performanse ovih sistema. Različite tehnike su moguće za ublažavanje efekata višestaznih fedinga, uključujući ekvalizaciju, kodiranje i diverziti. Među njima, najčešće se primenjuje diverziti tehnika koja u velikoj meri poboljšava kvalitet telekomunikacionih veza, bez promene zajedničkog spoljnog interfejsa, transmisiona snage ili propusnog opsega. Ova tehnika je poznata u literaturi a u okviru nje će se razmatrati predetekcioni mikro i makro diverziti kombineri [4].

U radu je prikazano da se diverziti tehnikom može značajno poboljšati kvalitet telekomunikacionog prenosa. Ovaj način poboljšanja kvaliteta prenosa signala uspešno se primenjuje u bežičnim telekomunikacionim sistemima i mobilnoj telefoniji.

Pored toga, diverziti prenos predstavlja efikasnu i pritom vrlo isplativu tehniku za prevazilaženje fedinga i poboljšanje performansi sistema. Za do bijanje što boljeg korisnog signala koriste se signali sa različitih grana prijemnika. Ukoliko signal na jednoj putanji oslabi, u određenom trenutku na drugoj putanji on može biti jači, pa se zbog postojanja većeg broja putanja, trenutni i srednji odnos signal-šum SNR, mogu značajno povećati, što poboljšava performanse sistema [3][8].

Posmatra se makro diverziti sistem koji čine tri SC mikro diverziti sistema sa po dva ulaza [4].

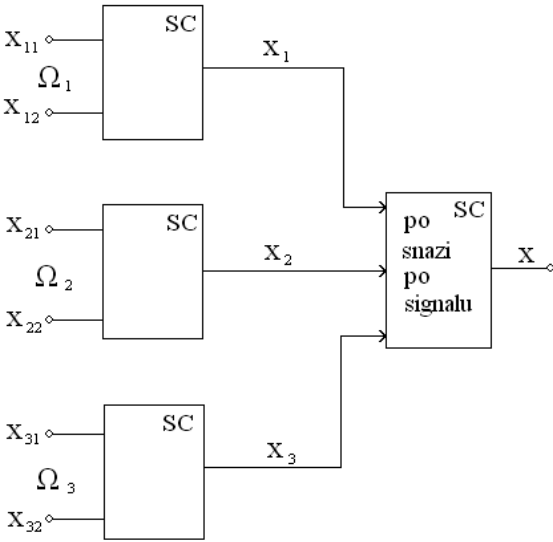
2. ANALIZA SISTEMA

U radu će razmotriti ponašanje i prikazati analizu jednog ovog makrodiverziti sistema koji se sastoji od tri mikro diverziti sistema (Slika 1). Analiziraću kako se sistem ponaša kada je opterećen različitim vrstama smetnji. Da bi se ove smetnje eliminisale, modeliran je opisani sistem, pa ću pokušati da pokažem koliki stepen dobrote unosi ovaj sistem i na koji način njegovom primenom možemo eliminisati smetnje. Primeniću, u literaturi najčešće razmatrano, selektivno kombinovanje mikro diverziti sistema. Svaki mikro diverziti sistem ima po dva ulaza. Svaki mikro diverziti sistem ima SC kombiner koji izdvaja signale sa ulaza koji su najveći. Makro diverziti kombiner ima SC kombiner koji izdvaja signal sa jednog od izlaza od tri mikro diverziti sistema. Makro diverziti kombiner izdvaja signal sa izlaza onog mikro diverziti kombinera čija je ukupna snaga ulaznih signala najveća. Makro kombiner može raditi i tako da izdvaja signal sa izlaza onog mikro diverziti sistema koji je najveći. Mikro i makro kombineri su predetekcioni,

Svaki od mikro kombinera ima po dva ulaza. Signali na ulazima svakog mikro kombinera su zavisni i imaju Nakagami - m združenu gustinu verovatnoće. Parametar m je veći od 0.5 i određuje oštrinu fedinga. Za $m=1$ Nakagami-m združena gustina verovatnoće prelazi u Rejljevju združenu gustinu verovatnoće. Za $m=0.5$ Nakagami - m združena gustina verovatnoće prelazi u jednostranu združenu Gausovu verovatnoću. Za $m \rightarrow \infty$ nema fedinga. Oštrine fedinga za svaki mikro diverziti sistem su različite iznose m_1, m_2, m_3 . Snage na ulazima u mikro kombinere su promenljive zbog efekta senke. Rastojanja između mikro diverziti kombinera su takva da su sve snage pod uticajem efekta senke promenljive i međusobno korelisane. U ovoj sekvenci se uzima da su sve snage korelisane i imaju združenu log - normalnu gustinu verovatnoće. Prvo su određene gustine verovatnoće signala

na izlazima iz mikro diverziti kombinera. Ovaj signal jednak je onom signalu sa ulaza koji je najveći. Svaki od ulaznih signala može da bude veći od drugog. Zbog toga se izraz za gustinu verovatnoće signala na izlazu mikro diverziti kombinera sastoji od dva člana. Signal na izlazu iz mikro diverziti sistema jednak je onom signalu sa ulaza koji ima veću snagu.

Signali na ulazu u prvi mikro diverziti sistem su x_{11} i x_{12} . Signali na ulazu u drugi mikro diverziti sistem su x_{21} i x_{22} . Signali na ulazu u treći mikro diverziti sistem su x_{31} i x_{32} . Signal na izlazu prvog mikro diverziti sistema je x_1 , na izlazu drugog je x_2 a na izlazu trećeg mikro diverziti sistema je x_3 . Ako je $x_{11} > x_{12}$ onda je $x_1 = x_{11}$, ako je $x_{11} < x_{12}$ onda je $x_1 = x_{12}$. Ako je $x_{21} > x_{22}$ onda je $x_2 = x_{21}$, ako je $x_{21} < x_{22}$ onda je $x_2 = x_{22}$. Ako je $x_{31} > x_{32}$ onda je $x_3 = x_{31}$, ako je $x_{31} < x_{32}$ onda je $x_3 = x_{32}$. Ovo znači da je $x_1 = \max(x_{11}, x_{12})$, $x_2 = \max(x_{21}, x_{22})$; $x_3 = \max(x_{31}, x_{32})$.



Slika 1. Predloženi model

Signali x_1, x_2 i x_3 sa izlaza mikro diverziti sistema priključeni su na ulaz kombinera makro diverziti sistema. Kombinera makro diverziti sistema je selektivan. Signal na njegovom izlazu je x . Ovaj signal jednak je signalu sa onog izlaza mikro diverziti koji ima najveću snagu. Neka su Ω_1, Ω_2 i Ω_3 snage signala na ulazima u mikro diverziti sisteme. Ako je $\Omega_1 > \Omega_2$ i $\Omega_1 > \Omega_3$ onda je $x = x_1$. Ako je $\Omega_2 > \Omega_1$ i $\Omega_2 > \Omega_3$ onda je $x = x_2$. Ako je $\Omega_3 > \Omega_1$ i $\Omega_3 > \Omega_2$ onda je $x = x_3$. Kombinera makro diverziti sistema može biti selektivan i po signalu sa njegovog ulaza, odnosno po signalu sa izlaza mikro diverziti sistema. U ovom slučaju signal sa izlaza makro diverziti sistema je $x = x_1$ ako je $x_1 > x_2$ i $x_1 > x_3$. Kada je $x_2 > x_1$ i $x_2 > x_3$ onda je

$x = x_2$. Ako je $x_3 > x_1$ i $x_3 > x_2$ onda je $x = x_3$. Na osnovu ovoga sledi da je $x = \max(x_1, x_2, x_3)$. Razmatra se slučaj kada su signali na ulazu u prvi mikro diverziti sistem korelisani, takođe su i signali na ulazu drugog i trećeg mikro diverziti sistema korelisani.

Za signale x_{11} i x_{12} , x_{21} i x_{22} , x_{31} i x_{32} na ulazu prva tri kombinera mikro diverziti sistema važe združene gustine raspodele verovatnoće:

$$\begin{aligned} p_{x_{11}x_{12}}(x_{11}, x_{12}) &= A_1(x_{11}, x_{12})^{m_1} \cdot e^{-\alpha_1(x_{11}^2 + x_{12}^2)} \cdot I_{m_1-1}(\beta_1 x_{11}, x_{12}) \\ p_{x_{21}x_{22}}(x_{21}, x_{22}) &= A_2(x_{21}, x_{22})^{m_2} \cdot e^{-\alpha_2(x_{21}^2 + x_{22}^2)} \cdot I_{m_2-1}(\beta_2 x_{21}, x_{22}), \quad (1) \\ p_{x_{31}x_{32}}(x_{31}, x_{32}) &= A_3(x_{31}, x_{32})^{m_3} \cdot e^{-\alpha_3(x_{31}^2 + x_{32}^2)} \cdot I_{m_3-1}(\beta_3 x_{31}, x_{32}) \end{aligned}$$

U prethodnim izrazima m_1, m_2 , i m_3 određuju oštrinu fedinga. Ovi izrazi su uopšteni i mogu biti određeni za slučaj Nakagami-m raspodele za dve slučajne promenljive.

Signal na izlazu iz prvog mikro diverziti sistema je x . Ako je $x_{11} > x_{12}$ onda je $x_1 = x_{11}$ i ako je $x_{11} < x_{12}$ onda je $x_1 = x_{12}$. Gustina verovatnoće signala x_1 sastoji se od dva sabirka. Signal na izlazu x_1 jednak je signalu x_{11} za sve vrednosti x_{12} za koje je $x_{12} < x_{11}$. Na osnovu ovoga je napisan prvi sabirak u izrazu za gustinu verovatnoće signala x_1 . Signal na izlazu x_1 jednak je signalu x_{12} za sve vrednosti x_{11} za koje je $x_{11} < x_{12}$. Na osnovu ovoga je napisan drugi sabirak u izrazu za gustinu verovatnoće signala x_1 . Gustina verovatnoće signala x_1 može se sada napisati u obliku:

$$\begin{aligned} p_{x_1}(x_1) &= \int_0^{x_1} p_{x_{11}x_{12}}(x_1, x_{12}) dx_{12} + \int_0^{x_1} p_{x_{11}x_{12}}(x_{11}, x_1) dx_{11} = \\ &= \int_0^{x_1} A_1(x_1, x_{12})^{m_1} \cdot e^{-\alpha_1(x_1^2 + x_{12}^2)} \cdot I_{m_1-1}(\beta_1 x_1, x_{12}) dx_{12} + \\ &\quad + \int_0^{x_1} A_2(x_{11}, x_1)^{m_1} \cdot e^{-\alpha_1(x_{11}^2 + x_1^2)} \cdot I_{m_1-1}(\beta_1 x_{11}, x_1) dx_{11} = \\ &= A_1 \cdot \int_0^{x_1} x_1^{m_1} x_{12}^{m_1} e^{-\alpha_1(x_1^2 + x_{12}^2)} \cdot \sum_{k_1=0}^{\infty} \left(\frac{\beta_1}{2}\right)^{2k_1+m_1-1} x_1^{2k_1+m_1-1} x_{12}^{2k_1+m_1-1} dx_{12} + \\ &\quad + A_2 \int_0^{x_1} x_{11}^{m_1} x_1^{m_1} e^{-\alpha_1(x_{11}^2 + x_1^2)} \cdot \sum_{k_2=0}^{\infty} \left(\frac{\beta_2}{2}\right)^{2k_2+m_1-1} x_{11}^{2k_2+m_1-1} x_1^{2k_2+m_1-1} dx_{11} = \\ &= A_1 x_1^{m_1} e^{-\alpha_1 x_1^2} \sum_{k_1=0}^{\infty} \left(\frac{\beta_1}{2}\right)^{2k_1+m_1-1} x_1^{2k_1+m_1-1} \cdot \int_0^{x_1} x_{12}^{m_1+2k_1+m_1-1} e^{-\alpha_1 x_{12}^2} dx_{12} + \\ &\quad + A_2 x_1^{m_1} e^{-\alpha_1 x_1^2} \sum_{k_2=0}^{\infty} \left(\frac{\beta_2}{2}\right)^{2k_2+m_1-1} x_1^{2k_2+m_1-1} \int_0^{x_1} x_{11}^{m_1+2k_2+m_1-1} e^{-\alpha_1 x_{11}^2} dx_{11} = \\ &= A_1 x_1^{m_1} e^{-\alpha_1 x_1^2} \sum_{k_1=0}^{\infty} \left(\frac{\beta_1}{2}\right)^{2k_1+m_1-1} x_1^{2k_1+m_1-1} \frac{1}{2\alpha_1^{m_1+k_1}} \gamma(m_1+k_1, -\alpha_1 x_1^2) +, \quad (2) \\ &\quad + A_2 x_1^{m_1} e^{-\alpha_1 x_1^2} \sum_{k_2=0}^{\infty} \left(\frac{\beta_2}{2}\right)^{2k_2+m_1-1} x_1^{2k_2+m_1-1} \frac{1}{2\alpha_1^{m_1+k_2}} \gamma(m_1+k_2, -\alpha_1 x_1^2) = \\ &= 2A_1 x_1^{m_1} e^{-\alpha_1 x_1^2} \sum_{k_1=0}^{\infty} \left(\frac{\beta_1}{2}\right)^{2k_1+m_1-1} x_1^{2k_1+m_1-1} \frac{1}{2\alpha_1^{m_1+k_1}} \gamma(m_1+k_1, -\alpha_1 x_1^2) \end{aligned}$$

Na sličan način dobijaju se izrazi sa gustinu verovatnoće za signale x_2 i x_3 :

$$p_{x_2}(x_2) = 2A_2x_2^{m_2} e^{-\alpha_2x_2^2} \sum_{k_2=0}^{\infty} \left(\frac{\beta_2}{2}\right)^{2k_2+m_2-1} x_2^{2k_2+m_2-1} \frac{1}{2\alpha_2^{m_2+k_2}} \gamma(m_2+k_2, -\alpha_2x_2^2) \quad (3)$$

$$p_{x_3}(x_3) = 2A_3x_3^{m_3} e^{-\alpha_3x_3^2} \sum_{k_3=0}^{\infty} \left(\frac{\beta_3}{2}\right)^{2k_3+m_3-1} x_3^{2k_3+m_3-1} \frac{1}{2\alpha_3^{m_3+k_3}} \gamma(m_3+k_3, -\alpha_3x_3^2)$$

Združena gustina verovatnoće snaga signala na ulazima u mikro diverziti sisteme je log-normalna:

$$p_{\Omega_1\Omega_2\Omega_3}(\Omega_1\Omega_2\Omega_3) = \frac{1}{(\sqrt{2\pi})^3 \sigma \sqrt{1-r} \Omega_1\Omega_2\Omega_3} \cdot \exp \left[-\frac{1}{2\sigma^2(1-r)} \begin{bmatrix} (\ln\Omega_1 - \mu_1)^2 + (\ln\Omega_2 - \mu_2)^2 + (\ln\Omega_3 - \mu_3)^2 \\ -2r_{12}(\ln\Omega_1 - \mu_1)(\ln\Omega_2 - \mu_2) \\ -2r_{13}(\ln\Omega_1 - \mu_1)(\ln\Omega_3 - \mu_3) \\ -2r_{23}(\ln\Omega_2 - \mu_2)(\ln\Omega_3 - \mu_3) \end{bmatrix} \right] \quad (4)$$

U prethodnom izrazu r_{12}, r_{13} i r_{23} su kofaktori korelacione matrice. Korelaciona matrica u ovom slučaju je oblika 3x3. Svaki član korelacione matrice jednak je srednjoj vrednosti proizvoda odgovarajućih amplituda signala.

Gustina verovatnoće signala na izlazu makro diverziti sistema jednaka je gustini verovatnoće signala na izlazu iz prvog mikro diverziti sistema ako je $\Omega_1 > \Omega_2$ i $\Omega_1 > \Omega_3$. Gustina verovatnoće signala na izlazu makro diverziti sistema jednaka je gustini verovatnoće signala na izlazu iz drugog mikro kombinera ako je $\Omega_2 > \Omega_1$ i $\Omega_3 > \Omega_3$. Gustina verovatnoće signala na izlazu makro diverziti sistema jednaka je gustini verovatnoće signala na izlazu iz trećeg mikro kombinera ako je $\Omega_3 > \Omega_1$ i $\Omega_3 > \Omega_2$. Na osnovu ovoga je gustina verovatnoće signala na izlazu iz makro diverziti sistema jednaka:

$$p_x(x) = \int_0^{\infty} d\Omega_1 \int_0^{\Omega_1} d\Omega_2 \int_0^{\Omega_1} d\Omega_3 \cdot p_{x_1}(x/\Omega_1) \cdot p_{\Omega_1\Omega_2\Omega_3}(\Omega_1\Omega_2\Omega_3) + \int_0^{\infty} d\Omega_2 \int_0^{\Omega_2} d\Omega_1 \int_0^{\Omega_2} d\Omega_3 \cdot p_{x_2}(x/\Omega_2) \cdot p_{\Omega_1\Omega_2\Omega_3}(\Omega_1\Omega_2\Omega_3) + \int_0^{\infty} d\Omega_3 \int_0^{\Omega_3} d\Omega_1 \int_0^{\Omega_3} d\Omega_2 \cdot p_{x_3}(x/\Omega_3) \cdot p_{\Omega_1\Omega_2\Omega_3}(\Omega_1\Omega_2\Omega_3) \quad (5)$$

Kombiner makro diverziti sistema može selektovati i prema veličini signala na izlazu iz mikro diverziti sistema. Signal na izlazu jednak je signalu na izlazu iz prvog mikro diverziti sistema ako je $x_1 > x_2$ i $x_1 > x_3$. Signal na izlazu makro diverziti sistema jednak je signalu na izlazu iz drugog mikro kombinera ako je $x_2 > x_1$ i $x_2 > x_3$. Signal na izlazu makro diverziti sistema jednak je signalu na izlazu iz trećeg mikro kombinera ako je $x_3 > x_1$ i $x_3 > x_2$. Na osnovu prethodnog može se pisati gustina verovatnoće signala na izlazu makro diverziti sistema kao:

$$p_x(x) = \int_0^{\infty} d\Omega_1 \int_0^{\Omega_1} d\Omega_2 \int_0^{\Omega_1} d\Omega_3 \cdot p_{\Omega_1\Omega_2\Omega_3}(\Omega_1\Omega_2\Omega_3) \cdot p_{x_1}(x/\Omega_1) \cdot F_{x_2}(x/\Omega_2) \cdot F_{x_3}(x/\Omega_3) + \int_0^{\infty} d\Omega_1 \int_0^{\Omega_1} d\Omega_2 \int_0^{\Omega_2} d\Omega_3 \cdot p_{\Omega_1\Omega_2\Omega_3}(\Omega_1\Omega_2\Omega_3) \cdot p_{x_2}(x/\Omega_2) \cdot F_{x_1}(x/\Omega_1) \cdot F_{x_3}(x/\Omega_3) + \int_0^{\infty} d\Omega_1 \int_0^{\Omega_1} d\Omega_2 \int_0^{\Omega_2} d\Omega_3 \cdot p_{\Omega_1\Omega_2\Omega_3}(\Omega_1\Omega_2\Omega_3) \cdot p_{x_3}(x/\Omega_3) \cdot F_{x_1}(x/\Omega_1) \cdot F_{x_2}(x/\Omega_2) \quad (6)$$

ZAKLJUČAK

U ovom radu je razmatran makro diverziti sistem sa tri mikro diverziti sistema koji na svojim ulazima imaju po dve grane, pri čemu su signali na ulazima pod uticajem Nakagami - m združene gustine verovatnoće.

Razmatran je model određivanja gustine verovatnoće signala na izlazima SC kombinera. Prema ovom modelu, amplituda signala na ulazima u kombiner jednaka je funkciji količnika tri slučajne promenljive koje imaju Nakagami - m raspodelu. U ovom radu i konkretno za pomenuti model određene su funkcije gustine verovatnoće signala i kumulativne raspodele signala na izlazu iz SC kombinera. Na osnovu njih se određuju verovatnoća greške sistema i verovatnoća otkaza sistema.

Dobijeni rezultati imaju veliku tačnost jer nije korišćen nijedan numerički metod za njihovo proračunavanje, što daje veliku preciznost u proceni performansi projektovanog SC diverziti sistema.

LITERATURA

- [1] Petar Spalević, Mihajlo Stefanović, Stefan R. Panić, Borivoje Milošević, Zoran Trajčević, *THE CO-CHANNEL INTERFERENCE EFFECT ON AVERAGE ERROR RATES IN NAKAGAMI-Q (HOYT) FADING CHANNELS*, Revue roumaine des sciences techniques, Year 2011, Issue 3, <http://www.revue.elth.pub.ro/viewpdf.php?id=301>
- [2] Bojana Nikolic, Mihajlo Stefanovic, Stefan Panic, Jelena Anastasov, Borivoje Milosevic, *Selection combining system over correlated Generalized-K (KG) fading channels in the presence of co-channel interference*, ETRI Journal, 2010, Paper No. : RP1005-0311, 138 Gajeongno, Yuseong-gu, Daejeon, 305-700, Rep. of Korea.
- [3] I. G. Proakis, *Digital Communications*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1995.
- [4] Jovković Srdjan, *MAKRO DIVERZITI SISTEMI SA POSTDETEKCIONIM MIKRO DIVERZITI KOMBINERIMA*, Medjunarodna konferencija INFOTEH 2016, Jahorina, Republika Srpska.
- [5] Borivoje Milošević, Srdan Jovković, N Kapaćinović, Petar Spalević, *STATISTIC CHARACTERISTIC OF M-ARY FSK SIGNAL IN THE PRESENCE OF GAUSSIAN NOISE AND INTERSYMBOL INTERFERENCE*, UNITEH 2006, Gabrovo, Bugarska.
- [6] H. W. Arnold, D. C. Cox, and R. R. Murray, *Macroscopic diversity performance measured in the 800-MHz portable radio communications environment*, IEEE Trans. Ant. Propagat., vol. 36, pp. 277-280, Feb. 1988.

- [7] Borivoje Milošević, Petar Spalević, Mile Petrović, Darko Vučković, Srđan Milosavljević, Statistics of macro SC diversity system with two micro EGC diversity systems and fast fading, ELECTRONICS AND ELECTRICAL ENGINEERING JOURNAL. – Kaunas: ELEKTRONIKA T170, – No. 8(96).2009, Litvanija.
- [8] Mihajlo C. Stefanovic, Dragana S. Krstic, Borivoje M. Milosevic, Jelena A. Anastasov, Stefan R. Panic, Channel Capacity of Maximal-Ratio Combining over Correlated Nakagami-m Fading Channels, TELSIKS 2009, EF NIŠ.

OPTIMIZACIJA PARAMETRA KVADRATNOG 1P KONVOLUCIONOG JEZGRA MINIMIZIRANJEM TALASAVOSTI SPEKTRALNE KARAKTERISTIKE

OPTIMIZATION OF THE PARAMETER QUADRATIC 1P KERNEL BY MINIMIZING WIGGLES OF SPECTRAL CHARACTERISTICS

Nataša Savić, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Zoran Milivojević, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U prvom delu rada izvršena je optimizacija parametra kvadratnog jednoparametarskog jezgra. Optimizacija je izvršena u spektralnom domenu. Kriterijum optimizacije je uslov da spektralna karakteristika bude dobra aproksimacija box funkcije. Optimalna vrednost parametra određena je razvojem spektralne karakteristike u Tejlorov red i minimiziranjem talasavosti spektralne karakteristike. U drugom delu rada prikazani su rezultati interpolacije nekih test slika i eksperimentalno određena optimalna vrednost parametra jezgra za svaku test sliku. Rezultati su prikazani tabelarno i grafički.

Ključne reči: Konvoluciona interpolacija. Interpolaciono jezgro. Optimalna vrednost parametra.

Abstract: The first part of the paper shows the optimization of one-parameter quadratic kernel in the spectral domain. The optimization was performed for criterion a good approximation of the ideal amplitude characteristic. The optimal value parameter is determined by the spectral characteristics in the development of Taylor series and minimizing wiggles spectral characteristics. The second part of the paper provides the experimental determining of optimal values for parameter in the process interpolation on several test images by quadratic kernel. The results are provided in tables and graphs.

Key words: Convolution interpolation. Interpolation kernel. Optimal value parameter

1. UVOD

U digitalnoj obradi slike (**engl.** *Digital Image Processing*) često se nameću zahtevi za interpolacijom (zumiranje, popravka kvaliteta, rotacija, povećanje dimenzije, rekonstrukcija slike...) [1, 2]. Za rad u realnom vremenu neophodno je da se algoritam interpolacije brzo izvršava. Kompromis između numeričke preciznosti i brzine izvršavanja postiže se primenom kubne konvolucione interpolacije [2-7]. Pogodna je jer koristi kubna interpolaciona jezgra. Za potrebe konvolucione interpolacije razvijen je veliki broj konvolucionih jezgara [2]. Značajna klasa interpolacionih jezgara su parametarska interpolaciona jezgra [3]. Promenom vrednosti parametra jezgra moguće je povećati preciznost interpolacije kod različitih primena. Razvijen je veliki broj algoritama za optimizaciju parametra jezgra [3, 5]. Optimalna vrednost parametra kubnog konvolucionog jezgra koje je Kejs opisao u svom radu [5] je $\alpha = -0.5$.

U ovom radu izvršena je optimizacija parametra kvadratnog jednoparametarskog (1P) interpolacionog jezgra. Optimizacija je izvršena u spektralnom domenu. Kriterijum optimizacije je sličnost spektralne karakteristike kvadratnog 1P jezgra sa box funkcijom tj. spektralnom karakteristikom idealnog interpolacionog jezgra oblika $\sin(x)/x$. Minimiziranjem talasavosti spektralne karakteristike kvadratnog 1P jezgra određena je optimalna vrednost parametra jezgra. Min-

imiziranje je obavljeno razvojem spektralne karakteristike u Tejlorov red i eliminisanjem dominantnih članova. Nakon toga izvršen je eksperiment u kome je primenom kvadratnog jezgra izvršena interpolacija nekih test slika. Za svaku sliku određena je optimalna vrednost parametra jezgra α_{opt} . Zatim je izvršena statistička analiza rezultata. Rezultati su prikazani grafički i tabelarno.

Rad je organizovan na sledeći način: U sekciji 2 prikazano je kvadratno 1P konvoluciono interpolaciono jezgro i spektralna karakteristika jezgra. Optimizacija parametra jezgra je u sekciji 3. Eksperimentalni rezultati i analiza prikazani su u sekciji 4. Sekcija 5 je Zaključak.

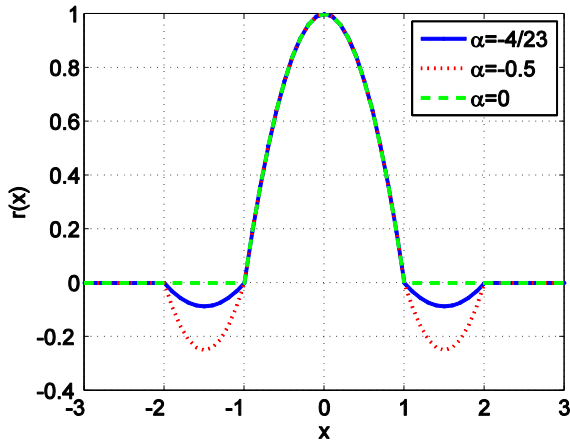
2. KVADRATNO 1P KONVOLUCIONO JEZGRO

2.1 DEFINICIJA JEZGRA

U radu [7] prikazano je jezgro definisano sa:

$$r(x) = \begin{cases} -|x|^2 + 1 & , \quad |x| \leq 1 \\ -2\alpha|x|^2 + 6\alpha|x| - 4\alpha & , \quad 1 < |x| \leq 2, \\ 0 & , \quad |x| > 2 \end{cases} \quad (1)$$

gde je α parametar jezgra. Na sl. 1 prikazano je kvadratno jezgro za neke vrednosti parametra α .



Slika 1. Kvadratno 1P jezgro.

Jezgro (1) može se se razložiti u obliku zbira komponenta:

$$r(x) = r_0(x) + \alpha r_1(x), \quad (2)$$

gde su:

$$r_0(x) = \begin{cases} -|x|^2 + 1, & |x| \leq 1 \\ 0, & |x| > 1 \end{cases}, \quad (3)$$

i

$$r_1(x) = \begin{cases} 0, & |x| \leq 1 \\ -2|x|^2 + 6|x| - 4, & 1 < |x| \leq 2, \\ 0, & |x| > 2 \end{cases}, \quad (4)$$

komponente jezgra.

2.2 SPEKTRALNA KARAKTERISTIKA JEZGRA

Primenom Furijeove transformacije nad jezgrom $r(x)$ (2) dobija se spektralna karakteristika jezgra:

$$H(f) = \int_{-\infty}^{\infty} r(x) e^{-2\pi x f i} dx, \quad (5)$$

Kako je

$$\begin{aligned} H(f) &= FT(r(x)) = FT(r_0(x) + \alpha r_1(x)) \\ &= FT(r_0(x)) + \alpha FT(r_1(x)), \end{aligned} \quad (6)$$

sledi da je:

$$H(f) = H_0(f) + \alpha H_1(f), \quad (7)$$

gde su:

$$H_0(f) = \int_{-\infty}^{\infty} r_0(x) e^{-2\pi x f i} dx, \quad (8)$$

i

$$H_1(f) = \int_{-\infty}^{\infty} r_1(x) e^{-2\pi x f i} dx, \quad (9)$$

spektralne komponente jezgra.

Koristeći Ojlerovu formulu:

$$e^{-2\pi x f i} = \cos(2\pi x f) - i \sin(2\pi x f), \quad (10)$$

i definiciju (3), spektralna komponenta H_0 može se predstaviti kao zbir određenih integrala:

$$\begin{aligned} H_0(f) &= \int_{-1}^0 (-x^2 + 1) \cos(2\pi x f) dx \\ &\quad - i \int_{-1}^0 (-x^2 + 1) \sin(2\pi x f) dx \\ &\quad + \int_0^1 (-x^2 + 1) \cos(2\pi x f) dx \\ &\quad - i \int_0^1 (-x^2 + 1) \sin(2\pi x f) dx \end{aligned} \quad (11)$$

Primenom parcijalne integracije i odgovarajućih trigonometrijskih jednakosti, spektralna komponenta H_0 može se zapisati u obliku:

$$H_0(f) = \frac{\sin(2\pi f) - 2\pi f \cos(2\pi f)}{2\pi^3 f^3}. \quad (12)$$

Analogno, s obzirom na definiciju (4) iz (9) sledi:

$$\begin{aligned} H_1(f) &= \int_{-2}^{-1} (-2x^2 - 6x - 4) \cos(2\pi x f) dx \\ &\quad - i \int_{-2}^{-1} (-2x^2 - 6x - 4) \sin(2\pi x f) dx \\ &\quad + \int_1^2 (-2x^2 + 6x - 4) \cos(2\pi x f) dx \\ &\quad - i \int_1^2 (-2x^2 + 6x - 4) \sin(2\pi x f) dx \end{aligned} \quad (13)$$

Nakon izračunavanja određenih integrala dobija se:

$$H_1(f) = \frac{\sin(4\pi f) - \sin(2\pi f) + \sin^2(2\pi f) + 2\pi f \sin^2(\pi f) - 1}{\pi^3 f^3}. \quad (14)$$

Iz (7) vidi se da je spektralna karakteristika zavisna od parametra α .

3. OPTIMIZACIJA PARAMETRA JEZGRA

Pravougaona funkcija (Box funkcija) je spektralna karakteristika teorijski idealnog interpolacionog jezgra oblika $\sin(x)/x$. Kod parametarskih jezgara promenom parametra jezgra moguće je u velikoj meri spektralnu karakteristiku učiniti sličnom sa box funkcijom. Optimizaciju je moguće izvršiti prema kriterijumu sličnosti karakteristika minimiziranjem talasavosti spektralne karakteristike primenom Tejlorovog razvoja.

Nakon razvoja u Tejlorov red u okolini $f=0$ (Maklorenov red) spektralne komponente H_0 (13) i H_1 (14) dobijaju oblik:

$$H_{T0}(f) = \frac{4}{3} - \frac{8}{15}(\pi f)^2 + \frac{8}{105}(\pi f)^4 - \frac{16}{2835}(\pi f)^6 + \dots \quad (15)$$

i

$$H_{T1}(f) = \frac{2}{3} - \frac{46}{15}(\pi f)^2 + \frac{268}{105}(\pi f)^4 - \frac{2582}{2835}(\pi f)^6 + \dots \quad (16)$$

Spektralna karakteristika jezgra (7) može zapisati u obliku:

$$H_T(f) = \frac{2}{3}(2 + \alpha) - \frac{2}{15}(4 + 23\alpha)(\pi f)^2 + \frac{4}{105}(2 + 67\alpha)(\pi f)^4 - \frac{2}{2835}(8 + 1292\alpha)(\pi f)^6 + \dots \quad (17)$$

U cilju smanjenja talasavosti spektralne karakteristike u propusnom opsegu treba eliminisati dejstvo kvadratnog člana. Potrebno je da koeficijent uz drugi član razvoja spektralne karakteristike $H_T(f)$ bude jednak nuli, odakle je:

$$23\alpha + 4 = 0 \Rightarrow \alpha = \alpha_{opt} = -\frac{4}{23} \approx 0.1739. \quad (18)$$

3. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I ANALIZA

Teorijski određena vrednost optimalnog parametra kvadratnog 1P jezgra (18) biće upoređena sa eksperimentalno određenim vrednostima parametra jezgra u uslovima interpolacije nekih test slika.

3.1 EKSPERIMENT

Izbor optimalnih vrednosti parametra kvadratnog 1P jezgra obavljen je kod interpolacije nekih test slika. Algoritam određivanja optimalnog parametra jezgra realizuje se sledećim algoritmom:

Ulaz: Test slika X dimenzije $M \times N$, komponente jezgra r_0 i r_1 , α_{min} , α_{max} , $\Delta\alpha$, dužina jezgra L .

Izlaz: α_{opt} .

Korak 1: Formiranje jednodimenzionog niza $\mathbf{x}_{M \cdot N}$ nadovezivanjem vrsta matrice \mathbf{X}

FOR $\alpha = \alpha_{min}$: $\Delta\alpha$: α_{max}

Korak 2: Formiranje jezgra u funkciji α (2)

$$r_\alpha = r_0 + \alpha r_1,$$

FOR $i = 1 : M \cdot N - (L + 2)$

Korak 3: Procena $\hat{x}(i + L - 1)$ primenom kvadratnog 1P jezgra sa parametrom α

$$\hat{x}(i + L - 1) = [x_i, x_{i+L-2}, x_{i+L}, x_{i+L+2}] \otimes r_\alpha,$$

Korak 4: Određivanje greške interpolacije:

$$e_{\alpha, i} = x(i + L - 1) - \hat{x}(i + L - 1).$$

END i

Korak 5: Određivanje srednje kvadratne greške:

$$MSE_\alpha = \frac{1}{MN - (L + 2)} \sum_{k=1}^{MN - (L + 2)} |e_{\alpha, k}|^2.$$

END α .

Korak 6: Određivanje α_{opt} :

$$\alpha_{opt} = \arg \min_{\alpha} (MSE_\alpha).$$

3.2 BAZA

Bazu čini $K=13$ standardnih test slika: Lena, Pappers, Goldhill, Camerman, Boats, Barbara, Baboon, Airplane, Artichare, Boy, Cat, Fruits, Girl.

3.3 REZULTATI

Za svaku test sliku k ($k=1, \dots, K$) određena je minimalna vrednost $MSE_{k, min}(\alpha_{k, opt})$ (tbl. 1). Zavisnost $MSE(\alpha)$ za neke test slike prikazana je na Sl. 2. Statističkom analizom optimalnih vrednosti parametara (kolona $\alpha_{k, opt}$ u tbl.1) određeni su srednja vrednost, μ , i varijansa σ^2 :

$$\mu = \frac{\sum_{k=1}^K \alpha_{k, opt}}{K} = 0.4972$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{k=1}^K (\alpha_{k, opt} - \mu)^2}{K} = 3.6494 \cdot 10^{-5},$$

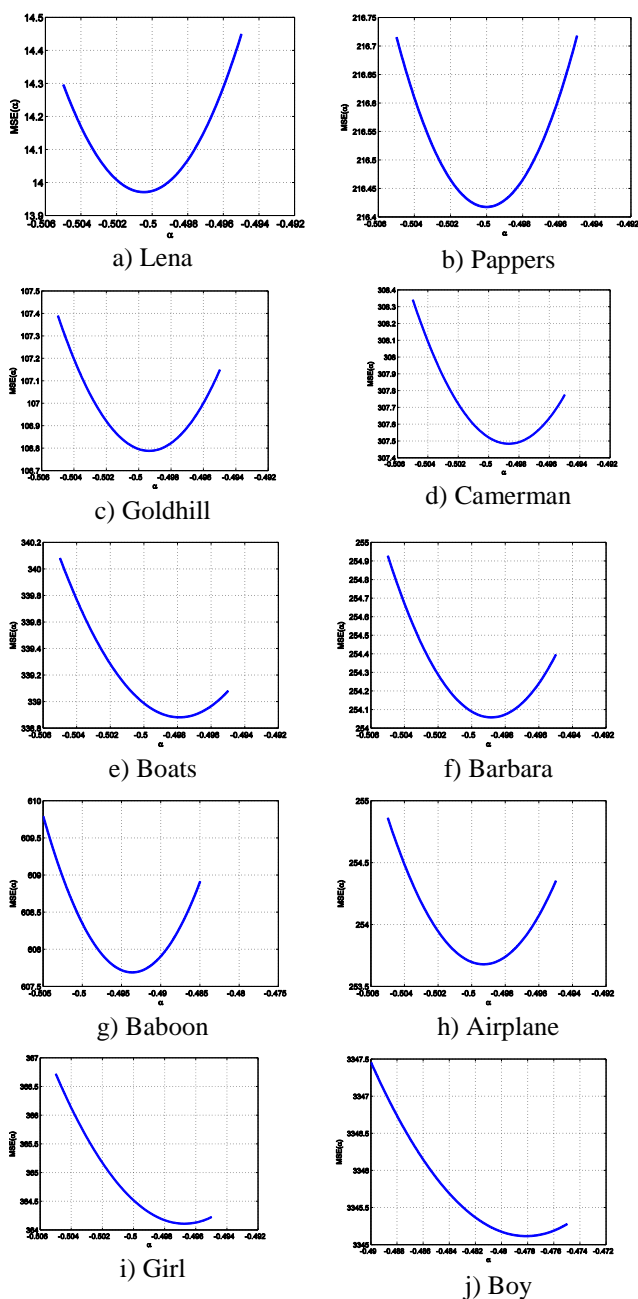
gde je k redni broj slike, a K ukupan broj test slika. Na osnovu μ i σ^2 određena je Gausova funkcija raspodele,

$$p(\alpha) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \cdot e^{-\frac{(\alpha - \mu)^2}{2\sigma^2}},$$

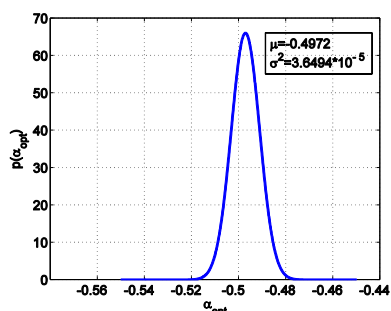
koja je grafički prikazana na Sl. 3.

Tbl.1 Eksperimentalne vrednosti optimalnog parametara jezgra, MSE_{min} i greška procene optimalnog parametra kod test slika

k	Slika	$\alpha_{k, opt}$	$MSE_{k, min}(\alpha)$	$ \alpha_{k, opt} - \mu $
1	Lena	-0.5005	13.9715	0.0033
2	Pappers	-0.5000	216.4179	0.0028
3	Goldhill	-0.4994	106.7888	0.0022
4	Camerman	-0.4987	307.4847	0.0015
5	Boats	-0.4979	338.8829	0.0007
6	Barbara	-0.4989	254.0589	0.0017
7	Baboon	-0.4936	607.6919	0.0036
8	Airplane	-0.4993	253.6805	0.0021
9	Artichare	-0.5012	164.2225	0.0040
10	Boy	-0.4781	3345.1	0.0191
11	Cat	-0.5000	18.9069	0.0028
12	Fruits	-0.4988	308.5901	0.0016
13	Girl	-0.4968	364.1118	0.0004



Slika 2. Zavisnost MSE od parametra jezgra kod nekih test slika.



Slika 3. Funkcija Gausove normalne raspodele optimalnih vrednosti parametara α kod test slika.

3.4 ANALIZA REZULTATA

Opseg optimalnih vrednosti parametra jezgra izračunat za test slike (Tbl. 1) je $\alpha_{opt} \in [-0.5012; -0.4781]$ i srednja vred-

nost $\mu = \overline{\alpha_{opt}} = -0.4972$. Smatrajući μ za statistički tačnu vrednost zaključuje se da je:

a) greška procene optimalnog parametra $\alpha_{opt} = \alpha_T = -4/23$ koji je dobijen minimiziranjem talasavosti $\Delta_T = |\alpha_T - \overline{\alpha_{opt}}| = 0.3233$:

b) najmanja greška $\Delta_{min} = |\alpha_{13_opt} - \mu| = 0.0004$ dobijena za sliku Girl.

c) najveća greška $\Delta_{max} = |\alpha_{10_opt} - \mu| = 0.0191$ dobijena za sliku Boy.

4. ZAKLJUČAK

U radu je opisana optimizacija kvadratnog 1P jezgra u spektralnom domenu. Kriterijum optimizacije je sličnost spektralne karakteristike sa spektralnom karakteristikom idealnog interpolacionog jezgra oblika $\sin(x)/x$. Optimalna vrednost parametra jezgra $\alpha_{opt} = -4/23$ određena je minimiziranjem talasavosti spektralne karakteristike. U cilju verifikacije ovog rezultata izvršena je interpolacija nekih test slika primenom kvadratnog 1P jezgra. Za svaku test sliku određena je optimalna vrednost parametra jezgra. Srednja vrednost eksperimentalno dobijenih parametara je $\mu = \overline{\alpha_{opt}} = -0.4972$. Na osnovu rezultata zaključuje se da je najveća greška procene $\Delta_T / \Delta_{max} = 0.3233 / 0.191 = 16.93$ puta manja od greške procene parametra dobijenog metodom talasavosti.

LITERATURA

- [1] N. A. Dodgson, "Quadratic interpolation for image resampling", *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 6, no.9, pp. 1322-1326, Sept. 1997.
- [2] .E. Meijering, M. Unser, "A Note on Cubic Convolution Interpolation", *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 12, no. 4, pp. 447-479, April 2003.
- [3] K. S. Park, R. A. Schowengerdt, "Image reconstruction by parametric cubic convolution", *Computer Vision, Graphics & Image Process.*, vol. 23, pp. 258-272, 1983.
- [4] E. Meijering, K. Zuiderveld, M. Viergever, "Image Reconstruction by Convolution with Simetrical Piecewise nth-Order Polynomial Kernels", *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 8, no. 2, pp. 192-201, Feb. 1999.
- [5] R. G. Keys, "Cubic convolution interpolation for digital image processing", *IEEE Trans. Acout. Speech, & Signal Processing*, vol. ASSP-29, pp. 1153-1160, 1981.
- [6] S. E. Reicherbach, "Two-Dimensional Cubic Convolution", *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 12, no. 8, pp. 857-865, Aug. 2003
- [7] N.Savić, Z.Milivojević and D. Brodić, " Estimation of frequency of a signal by means of interpolation with a quadratic convolution kernel", *ETF Journal of Electrical Engineering*, Vol. 20, pp. 40-49, 2014.

ANALIZA RADA VIRTUELIZOVANE INFRASTRUKTURE U MREŽI VISOKE TEHNIČKE ŠKOLE

ANALYSIS OF PERFORMANCE VIRTUALIZATION INFRASTRUCTURE IN NETWORK OF COLLEGE OF APPLIED SCIENCES

Miloš Perić, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Goran Milosavljević, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Dušan Stefanović, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - ESX/ESXi (vSphere) arhitektura omogućava administratorima da dele hardverske resurse na više izolovanih jedinica koje se nazivaju virtuelne mašine ESX/ESXi se sastoji od više komponenti. Glavne komponente ESX/ESXi sistema su sloj Virtualizacije, Hardverske interfejs komponente i Korisnički interfejs. Statistike pokazuju da se mnogi serveri koji ne koriste virtualizaciju koriste samo 15% svojih kapaciteta. Virtuelizacijom se postiže 80% veća iskorišćenost [8], što je postignuto implementacijom virtuelne učionice za realizaciju lab. vežbi iz predmeta distribucione baze podataka.

Ključne reči: Virtuelizacija, server, softver, hardver, virtuelna mašina, računarska mreža

Abstract - ESX/ESXi (vSphere) architecture allows administrators to share hardware resources on the more isolated units that are called virtual machines ESX / ESXi consists of several components. The main components of ESX / ESXi systems are virtualization layer, hardware interface components and user interface. Statistics show that many servers that are not using virtualization using only 15% of its capacity. Virtualization achieves 80% higher utilization [4], which is achieved by implementing a virtual classroom for the realization of lab. exercises of the distribution object database subject.

Key words: Virtualization, server, hardware, software, virtual machine, computer network.

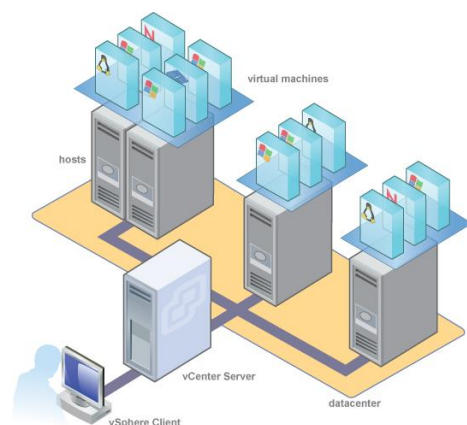
1. UVOD

Virtuelizacija predstavlja najvažniju tehnologiju u oblasti IT infrastrukture u poslednjih nekoliko godina, dok VMware vSphere kao vodeća virtuelizaciona platforma danas omogućava kreiranje virtuelnih mašina kapaciteta u rangu najmoćnijih fizičkih servera uz mogućnost obrade i do milion IOPS-a (Input/output operations per second). Pored niza prednosti u odnosu na tradicionalno fizičko okruženje, virtuelizacija donosi i određene izazove, posebno u pogledu obezbeđivanja garantovanog nivoa performansi i njihovog praćenja i analize.

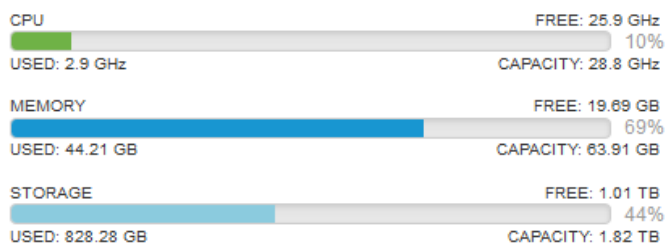
VMware vSphere je vodeće softversko rešenje za virtuelizaciju data centara i izgradnju Cloud infrastrukture. VMware je uveo pojam virtuelne mašine koja predstavlja softverski model ili apstrakciju hardvera kojeg kontroliše vSphere hypervisor ili "VMkernel", pod komercijalnim nazivom ESXi, koji se izvršava na fizičkom serveru.

U virtuelnoj arhitekturi (slika 1), fizički hardver je apstrahovan u softverski model i svaka virtuelna mašina poseduje svoj virtuelni hardver (CPU, RAM, HDD, NIC, CD/DVD, itd.). Virtuelna mašina ne vidi fizički hardver niti sadrži drajvere za njega, već njegovu virtuelnu apstrakciju i virtuelne drajvere, što omogućava unifikaciju drajvera i rešava problem drajvera za različite komponente hardvera koji je bio prisutan u tradicionalnoj arhitekturi. VM vidi samo one resurse koje joj predstavi hypervisor, a kapaciteti tih

resursa se podešavaju kroz vSphere client (broj CPU, količina RAM memorije, kapacitet hard diska, raspoložive periferije itd.) (slika 2). Kapacitete i performanse resursa virtuelnih mašina kontroliše hypervisor tako što im dodeljuje fizičke resurse host servera u kontrolisanim intervalima i rasporedu koji garantuje ravnomernu ili prioritarnu potrošnju resursa, zavisno od konfiguracije sistema. Virtuelna mašina je osnovna komponenta virtuelne infrastrukture, odnosno virtuelni server na kome se izvršava tzv "guest" operativni sistemi (Windows Server, Linux, Unix itd) [1].



Slika 1. Virtuelna arhitektura



Slika 2. Deljeni resursi Host servera

2. vSphere (ESXi) 6.0

VMware vSphere 6 je zadnja verzija ovog paketa koja je unapređena dodatnim funkcionalnostima koje trasiraju put ka softverski definisanim data centrima. Najnovija funkcionalnost u verziji 6.0 je VSAN (*Virtual Storage Area Network*) koji omogućava da se resursi na diskovima host servera iskoriste kao distribuirani deljeni *storage pool*, koji pruža visok nivo redundanse i zaštite podataka. Preduslova za kreiranje VSAN-a je da u svakom serveru postoji najmanje jedan SSD (*Solid-state drive*) disk i najmanje jedan HDD disk, a poželjan odnos je da SSD diskovni prostor zauzima oko 10% ukupnog kapaciteta diskova po serveru i služi kao storidž keš. Ukupan disk prostor na nivou klastera servera se kroz VSAN agregira u zajednički deljeni storage pool i praktično predstavlja virtualni storage vrhunskih performansi, uporedivih sa tradicionalnim skupim i komplikovanim storage rešenjima, za samo mali deo njihove cene. S obzirom da agregaciju disk prostora vrši na nivou kernela – hypervisora, performanse su zagarantovane, s tim što je preporuka da komunikacija između servera bude na minimalno 10 Gbps po iSCSI protokolu. Ono što je karakteristično za VSAN jeste da on ne poznaje termine kao što su RAID i LUN, tako da se oni i ne koriste u ovom konceptu. VSAN funkcioniše na nivou polisa koje se definišu

za svaku virtuelnu mašinu posebno nakon čega on dalje vodi računa o raspodeli storage resursa. Ukoliko se promene zahtevi poslovnog okruženja, samo se dodaju nove polise i proces se dalje odvija automatski. Proširenje kapaciteta virtuelnog prostora za čuvanje podataka se vrši prostim dodavanjem diskova u postojeće VSAN server ili dodavanjem novog servera u VSAN čime se njegovi resursi na diskovima automatski dodaju u VSAN. VSAN-om se upravlja kroz vSphere Web Client.

ESX/ESXi arhitektura omogućava administratorima da dele hardverske resurse na više izolovanih jedinica koje se nazivaju virtuelne mašine ESX/ESXi se sastoji od više komponenti, glavne komponente ESX/ESXi sistema su sloj Virtualizacije, Hardverske interfejs komponente i Korisnički interfejs. Sloj Vrtuelizacije omogućava idealizovano virtuelno-hardversko okruženja koja se oslanja na fizičke resurse sistema. Virtuelni sloj raspoređuje operativne sisteme virtuelnih mašina i servise na konzoli ako rade na ESX hostu. Virtualizacioni nivo govori operativnom sistemu kako treba da pristupa fizičkim uređajima, zbog toga Vmkernel mora imati sve drajvere fabričkih uređaja kako bi omogućio pristup ka njima. Hardverske komponente komuniciraju sa virtuelnim mašinama kao sto su CPU i HDD koristeći hardverske interfejs komponente. Ove komponente omogućavaju drajverima da omoguće komunikaciju hardverskim servisima, dok krije hardverske razlike iz drugih delova sistema. Pomoću virtuelizacije se sprovodi konsolidacija više operativnih sistema na jedan hardver (Slika 3). Praksa je pokazala da se stepen konsolidacije kreće od 5:1 do 15:1 za serverske operativne sisteme. Na ovaj način se postižu velike uštede u kapitalnim troškovima (nabavka servera, UPS uređaja, klima, mrežnih svičeva itd.) i u operativnim troškovima (potrošnja električne energije, jednostavnija administracija itd.).

<input type="checkbox"/>	Virtual machine	Status	Used space	Host name	Host CPU	Host memory
<input type="checkbox"/>	Windows Server 2012 R2	✓ Normal	50 GB	Unknown	0 MHz	0 MB
<input type="checkbox"/>	Windows 8.1 x86	✓ Normal	50 GB	Unknown	0 MHz	0 MB
<input type="checkbox"/>	Windows server 2016	✓ Normal	60 GB	Unknown	0 MHz	0 MB
<input type="checkbox"/>	SQL-vm1	✓ Normal	67.32 GB	Unknown	0 MHz	0 MB
<input type="checkbox"/>	SQL-vm01	✓ Normal	37.02 GB	SQL-vm01	22 MHz	4.04 GB
<input type="checkbox"/>	SQL-vm02	✓ Normal	37.12 GB	SQL-vm02	20 MHz	3.75 GB
<input type="checkbox"/>	SQL-vm03	✓ Normal	37.12 GB	SQL-vm03	15 MHz	3.67 GB
<input type="checkbox"/>	SQL-vm04	✓ Normal	37.12 GB	SQL-vm04	17 MHz	3.74 GB
<input type="checkbox"/>	SQL-vm05	✓ Normal	37.12 GB	SQL-vm05	18 MHz	3.73 GB
<input type="checkbox"/>	SQL-vm06	✓ Normal	36.72 GB	SQL-vm06	13 MHz	2.97 GB
<input type="checkbox"/>	SQL-vm07	✓ Normal	37.11 GB	SQL-vm07	19 MHz	4.04 GB
<input type="checkbox"/>	SQL-vm08	✓ Normal	37.11 GB	SQL-vm08	17 MHz	4.04 GB
<input type="checkbox"/>	SQL-vm09	✓ Normal	37.11 GB	SQL-vm09	14 MHz	3.43 GB
<input type="checkbox"/>	SQL-vm10	✓ Normal	37.11 GB	SQL-vm10	18 MHz	4.04 GB
<input type="checkbox"/>	SQL-vm11	✓ Normal	37.11 GB	SQL-vm11	17 MHz	4.04 GB

Slika 3. Prikaz aktivnih i neaktivnih virtuelnih mašina na Esxi serveru

Virtualizovani operativni sistem je u stvari skup nekoliko fajlova. Migracija operativnog sistema sa jedne hardverske platforme na drugu se radi prostim kopiranjem fajlova. Ovaj

način manipulacije operativnim sistemima i aplikacijama unutar operativnih sistema značajno pojednostavljuje rešenja za kontinuitet servisa kao što su sistemi visoke dostupnosti i

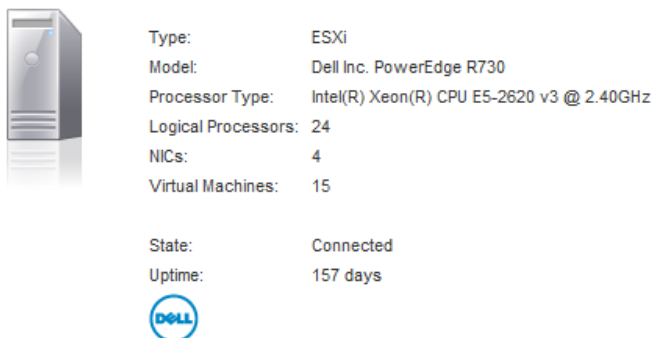
sistemi za oporavak od katastrofa. Korišćenjem virtuelizacije servera, moguće je pokretati više različitih operativnih sistema istovremeno i to na jednom fizičkom serveru (kompjuteru). Statistike pokazuju da se mnogi serveri koji ne koriste virtualizaciju koriste samo 15% svojih kapaciteta. Virtuelizacijom se postiže 80% veća iskorišćenost. Virtuelna mreža je potpuna reprodukcija fizičke kompjuterske mreže, ali u obliku softvera i kao takva nudi iste karakteristike i bezbednost kao i fizička, čak i više od toga. I kod njih su, samo logički ne i fizički, prisutni portovi, switchevi (*switches*), routeri (*routers*), zaštitni zid (*Firewall*), load balanser i itd. Sa tim da takve mreže imaju mogućnost većeg stepena automatizacije procesa, monitoringa i sl.

Najpoznatiji hypervizori trenutno su:

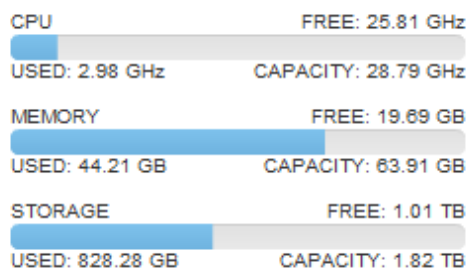
- VMware - vSphere, vCenter, vPlayer
- Microsoft - Hyper-V
- Citrix - XenServer, XenDesktop
- Oracle VM - Server, VirtualBox

3. ANALIZA

Virtuelizacija pruža veliku dostupnost (Slika 4), bez prekida je server radio više od 150 dana, to je omogućeno zato što poseduje dva napajanja koja su vezana na dva Emerson UPS-a koji su vezani na različitu fazu. Pored toga poseduje otpornost na otkaz dva hard diska a da ne dođe do gubitka podataka zahvaljujući RAID 10 nizu.



Slika 4. Rad bez prekida od 157 dana

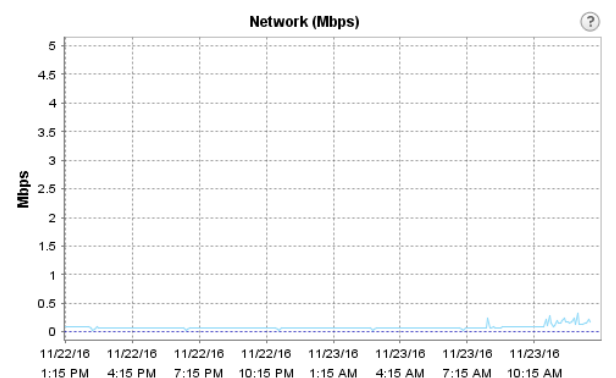
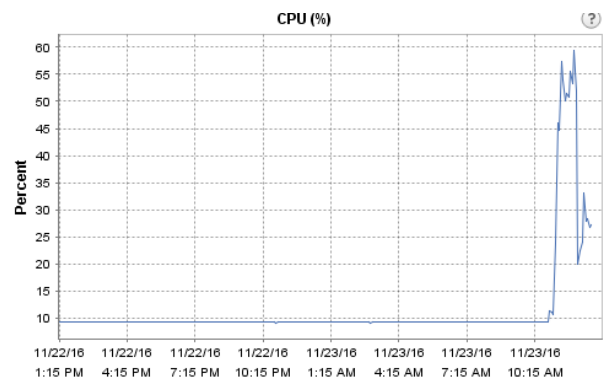
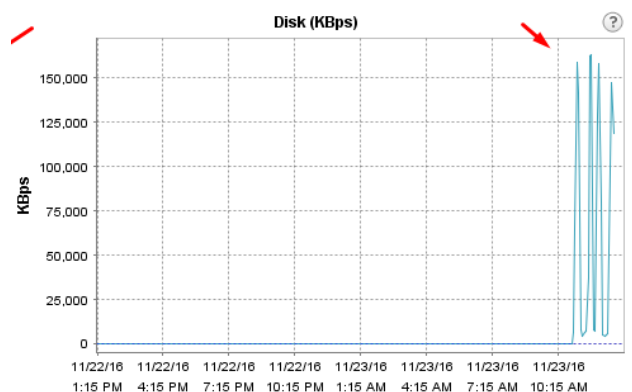
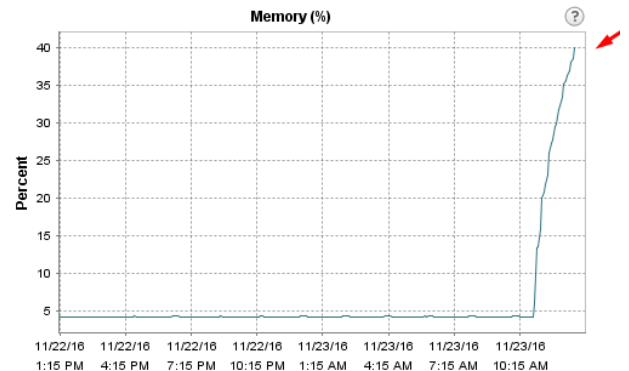


Slika 5. Kapacitet servera

Na serveru je u toku nastave na specijalističkim studijima korišćeno 11 virtuelnih mašina sa SQL serverom 2012 SP3. Umesto nabavke 11 fizičkih servera, laboratorijska vežba je odrađena na jednom virtuelizovanom koji je imao kapacitete da podrži još veći broj servera (Slika 5 i 6).

Pri radu sa 11 virtuelnih servera iskorišćenje memorije je bilo oko 40%, CPU do 60%, hard disk je bio najopterećeniji prilikom startovanja virtuelnih servera, a uticaj na mrežene performanse je bio zanemarljiv. Osnovni

resursi serverske mašine nisu bili veći od 50% a ako imamo u vidu da je 75% opterećenja servera gornja granica prihvatljivosti, dolazimo do zaključka da bi server podržao instalaciju dodatnih 6 virtuelnih masina. Virtuelizacija nam je obezbedila korišćenje zahtevnih servisa koji ne bi mogli da se konfigurisu na računarima na kojima rade studenti zbog nedostatka hardverskih resursa.



Slika 6. Iskorišćenje hardverskih resursa pri korišćenju 11 virtuelnih mašina

4. ZAKLJUČAK

Virtuelizacija spada i u takozvane zelene tehnologije, što omogućava uštedu električne energije umesto 11 servera koji troše struju i greju se, mi imamo samo jedan. Kasnije kada prođe životni vek servera umesto recikliranja većeg broja servera neophodno je reciklirati samo jedan. Potreban je i manji broj klima uređaja koji bi hladili servere (Slika 7). Virtualizacija obezbeđuje bolje iskorišćenje hardverskih

resursa, veću dostupnost servisa i nizu cenu troškova što je pokazano prilikom realizacije lab. vežbi iz predmeta distribuirane baze podataka. Studenti na svojim računarima nisu imali dovoljno resursa da pokrenu neophodne servise za realizaciju lab. vežbe. Svaki od 12 studenata je imao svoju virtualnu mašinu na kojoj je bio podešen Server2012 i SQL baza podataka. Sve virtualne mašine su bile locirane na jednom fizičkom serveru.

⌵ ⚡ Voltage	✔ Normal	
▶ ⚡ System Board 1 Pwr Consumption	✔ Normal	Reading: 140 Watts
⚡ Power Supply 2 Voltage 2	✔ Normal	Reading: 234 Volts
⚡ Power Supply 1 Voltage 1	✔ Normal	Reading: 236 Volts
⚡ Power Supply 2 Current 2	✔ Normal	Reading: 0.2 Amps
⚡ Power Supply 1 Current 1	✔ Normal	Reading: 0.59 Amps
📉 Processor 2 Temp	✔ Normal	Reading: 43 Degrees C
📉 Processor 1 Temp	✔ Normal	Reading: 42 Degrees C
📉 System Board 1 Exhaust Temp	✔ Normal	Reading: 30 Degrees C
📉 System Board 1 Inlet Temp	✔ Normal	Reading: 24 Degrees C

Slika 7. Prikaz snage i temperature servera

LITERATURA

- [1] Mikro knjiga - Konfigurisanje skladišnog prostora i klastera servera.
- [2] HP P4000 LeftHand SAN Solutions with Vmware vSphere Best Practices.
- [3] http://pubs.vmware.com/vsphere-51/index.jsp?topic=%2FPDF%2Fic_pdf.html (12-2016).
- [4] Filip Lukić, „Implementacija Storage Area Network i VMware vSphere ESXi u savremenim datacentrima“.
- [5] R Boutaba, NMMK Chowdhury, „A survey of network virtualization“, Computer Networks, 2010 – Elsevier.
- [6] S Soltesz, H Pöztl, ME Fiuczynski, A Bavier, „Container-based operating system virtualization: a scalable, high-performance alternative to hypervisors“.
- [7] F Mueller, C Engelmann, „Proactive fault tolerance for HPC with Xen virtualization - AB Nagarajan“.
- [8] http://www.vmware.com/pdf/vsphere4/r41/vsp_41_san_cfg.pdf (12-2016).
- [9] http://pic.dhe.ibm.com/infocenter/svc/ic/index.jsp?topic=%2Fcom.ibm.storage.svc.console.641.doc%2Fsvc_mdisksovr_1bchav.html (12-2016).

PERFORMANSE OFDM/BDPSK PRIJEMNIKA SA REKONFIGURABILNIM MSDD PRIJEMNIKOM U USLOVIMA FREKVENCIJSKOG OFSETA

Slavimir Stošović, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj – Glavni nedostatak prijemnika sa ortogonalnim frekvencijskim multipleksom (OFDM) je njegova osetljivost na frekvencijski ofset nosioca. U ovom radu je predložen novi rekonfigurabilni prijemnik sa diferencijalnom detekcijom na osnovu više simbola (RMSDD) i analizirane su njegove performanse u prisustvu značajnog frekvencijskog ofseta. Značajna prednost ovakvog prijemnika u odnosu na poznata rešenja je to što ne zahteva pilot simbole, pa samim tim efikasnije koristi propusni opseg. Rezultati dobijeni simulacijom pokazuju da verovatnoća greške po bitu predložene prijemnika je konstantna u širokom opsegu frekvencijskog ofseta i odgovara vrednosti verovatnoće greške za multi frekvencijski ofset.

Ključne reči: Detekcija, Ortogonalni frekvencijski multipleks, Sinhronizacija, Frekvencijski ofset

Abstract - The main disadvantage of the orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) systems is their sensitivity to the carrier frequency offset. This paper proposes a novel reconfigurable multiple symbol differential detection (RMSDD) scheme that can be used for the OFDM/BDPSK (Binary Differential Phase Shift Keying) signal reception in the presence of significant frequency offset. An important feature is that the proposed algorithm does not require pilot symbols, and therefore there is no band-width efficiency loss. The simulation results show that the bit error probability of the proposed algorithm is nearly constant in a wide frequency offset range and equal to the error probability for zero frequency offset.

Key words: detection, estimation, orthogonal frequency division multiplex, synchronization

1. UVOD

U poslednjih deset godina popularnost Sistema sa ortogonalnim frekvencijskim ofsetom (OFDM) je značajno porasla zbog njegove mogućnosti da podrži velike brzine prenosa u širokopojasnim pristupnim mrežama, gde postoji značajni feding usled prostiranja po više putanja. Mnogi sistemi se danas baziraju na OFDM tehnologiji, a najznačajniji su digital audio broadcasting (DAB) i digital terrestrial video broadcasting (DVB-T) [1], [2]. OFDM se koristi u bežičnom prenosu (wireless local area networks) kao i sistemima za mobilnu telefoniju kao što je 4G Long Term Evolution (LTE).

Jedan od glavnih nedostataka je osetljivost OFDM Sistema na frekvencijski ofset između lokalnog oscilatora u predajniku i prijemniku [3], [4]. Frekvencijski ofset značajno narušava ortogonalnost između OFDM podnosioca, zbog čega se javlja interferencija među podnosiocima (Inter-Carrier Interference - ICI). Osetljivost na frekvencijski ofset je ograničavajući faktor za smanjenje rastojanja između podnosioca. U savremenoj literaturi postoji dosta različitih rešenja za pomenuti problem.

Stoga je u ovom radu predložen OFDM prijemnik sa dobrim performansama u prisustvu značajnog frekvencijskog ofseta, koji može biti primenjen za MDPSK demodulaciju. Diferencijalna detekcija kao referenca za odlučivanje koristi razliku u fazi i frekvenciji između dva uzastopno prenet

simbola. Kod standardne diferencijalne detekcije faza tekućeg simbola se upoređuje sa fazom prethodno primljenog simbola i odluka se donosi na osnovu fazne razlike [5]. Ukoliko fazna referenca nije stabilna zbog fedinga, Doplerovog efekta ili loše frekvencijske sinhronizacije dva oscilatora, performanse na prijemu su veoma loše [6]. Kao rešenje ovog problema, nameće se upoređivanje više od dva simbola, odnosno diferencijalna detekcija na osnovu više simbola (multiple-symbol differential detection - MSDD) [7 - 9].

Poređenjem OFDM sistema sa DPSK modulacijom i MSDD detekcijom na prijemu u radu [10], došlo se do zaključka da je sistem manje osetljiv na frekvencijski ofset za manji broj simbola koji se koristi za detekciju ali ima bolju vrednost verovatnoće greške po bitu za veći broj simbola. U radu [11], je predložen prijemnik sa frekvencijskim hipotezama gde je standardna diferencijalna detekcija modifikovana i učinjena rekonfigurabilnom, tako da su dobijene dobre performanse u prisustvu frekvencijskog ofseta. U cilju postizanja dobrih performansi BER za veći broj simbola i proširenja opsega frekvencijskog ofseta koji ne narušava performanse predložen je prijemnik u ovom radu. Prijemnik koristi diferencijalnu detekciju na osnovu više simbola i unapređen je uvođenjem rekonfigurabilnosti. Predloženi prijemnik može se koristiti u sistemima sa velikim Doplerovim efektom zbog promena koje nastaju između mobilne i bazne stanice.

2. MODEL SISTEMA

OFDM sistem opisan u ovom radu je predstavljen jednačima u digitalnom kompleksnom domenu, i-ti odmerak OFDM symbol, generisan nakon Inverzne Fast Fourieove Transformacije (IFFT) u prijemniku, je:

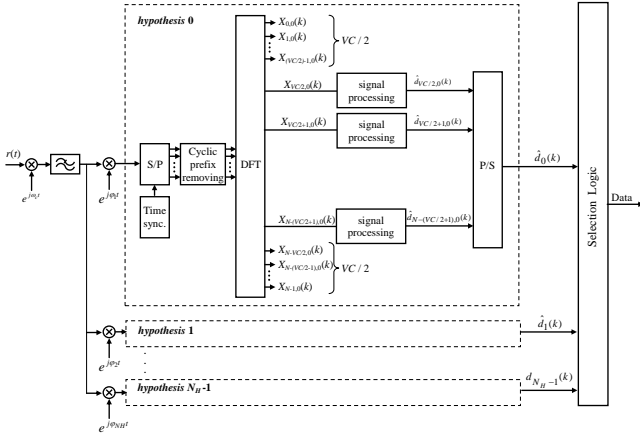
$$s(i) = \sqrt{\frac{1}{N}} \sum_{n_c=0}^{N-1} A_{n_c}(k) e^{j2\pi \frac{n_c i}{N}}, 0 \leq i \leq N-1, \quad (1)$$

$A_{n_c}(k)$ je vrednost amplitude za n_c -ti podnosilac k -tog OFDM okvira, predstavljenog pomoću jednačine kao:

$$A_{n_c}(k) = A_{n_c}(k-1) e^{j2\pi \frac{d_{n_c}(k)}{M}}. \quad (2)$$

gde $d_{n_c}(k) \in \{0, 1, \dots, (M-1)\}$ predstavlja simbol koji je prenet u n_c -tom OFDM kanalu i k -tom OFDM okviru. N predstavlja broj OFDM kanala, a M je modulacioni nivo MDPSK modulacije.

Podaci se konvertuju u serijski niz, a nakon toga se dodaje ciklični prefiks (CP).



Slika 1. Model RMSDD- OFDM prijemnika se frekvencijskim hipotezama

Blok dijagram OFDM/MDPSK prijemnika korišćenog u ovom radu je prikazan na Slici 1, gde N_{VC} predstavlja broj virtuelnih kanala. Prijemni signal se zatim konvertuje, filtrira i odmerava sa periodom $T_f = T_{GI} + T_S + T_{CP}$, gde je T_{GI} trajanje gard intervala, T_{CP} trajanje sikličnog prefiksa, i T_S trajanje simboskog intervala. S/P predstavlja konvertor serijskog u paralelni signal i zahteva vremensku sinhronizaciju. Nakon uklanjanja cikličnog prefiksa primenjuje se Fast Fourieova transformacija (FFT) dužine N . u ovom slučaju koristimo OFDM demodulator sa N podnosioca i Fast Fourieovom transformacijom.

Ako pretpostavimo da postoji korektna sinhronizacija po vremenu i frejmu onda se primljeni niz u n_c OFDM kanalu i k -tom OFDM okviru, nakon uklanjanja CP, može izraziti kao:

$$X_{n_c}(k) = \sqrt{\frac{1}{N}} \sum_{i=kN}^{k(N+1)-1} r(i) e^{-j2\pi \frac{i n_c}{N}}, 0 \leq n_c \leq N-1, \quad (3)$$

i $r(i) = s(i) + n(i)$, gde $n(i)$ predstavlja beli Gausov šum (AWGN), spektralne gustine snage $N_0 / 2$.

Na osnovu [10], u delu za detekciju OFDM prijemnika predložen je MSDD algoritam. Može se uočiti N_H blokova na

Slici. 1 oivičenih isprekidanim linijama. Ovi blokovi predstavljaju različite fazne hipoteze. Ulazni signal je pomnožen sa odgovarajućim frekvencijskim ofsetom θ_{n_h}

$$\theta_{n_h} = n_h \Delta \varphi - \frac{(N_H - 1) \Delta \varphi}{2}, n_h = 0, \dots, N_H - 1, \quad (4)$$

gde n_h predstavlja redni broj hipoteze, $\Delta \varphi$ je parametar algoritma koji predstavlja fazni korak, i $n_h = 0, 1, \dots, N_H - 1$.

Stoga, jednačina (3) za n_h -ti blok hipoteze, može biti izražen kao:

$$X_{n_c, n_h}(k) = \sqrt{\frac{1}{N}} \sum_{i=kN}^{k(N+1)-1} r(i) e^{-j2\pi \frac{i n_c}{N}} e^{j i \theta_{n_h}}. \quad (5)$$

$0 \leq n_c \leq N-1, \quad 0 \leq n_h \leq N_H-1$

Blok za procesiranje signala ima zadatak da izabere fazni vektor:

$$\Phi_{n_c, n_h} = \{\phi_{n_c, n_h}(k), \phi_{n_c, n_h}(k-1), \dots, \phi_{n_c, n_h}(k-N_B+1)\},$$

koji daje maksimalnu vrednost za $S_{n_c, n_h}(k)$, za svaki OFDM kanal i svaku OFDM hipotezu, gde je:

$$S_{n_c, n_h}(k) = \left| \sum_{n_b=0}^{N_B-1} X_{n_c, n_h}(k-n_b) e^{-j\phi(k-n_b)} \right|^2, \quad (6)$$

$X_{n_c, n_h}(k-n_b)$ je n_b -ti preneti MDPSK simbol u n_c -tom

OFDM kanalu, i za n_h -tu hipotezu, i

$n_b = 0, \dots, N_B - 1, n_c = 0, \dots, N - VC - 1, n_h = 0, \dots, N_H - 1, k$ je diskretno vreme. N_B predstavlja broj simbola u MSDD detekciji, i N_H predstavlja broj hipoteza.

Algoritam za jednu hipotezu je predstavljen u nastavku. Za pronalaženje Φ_{n_c, n_h} , prvo je potrebno remodulisati

$X_{n_c, n_h}(k-n_b)$ u MDPSK sektor $\left[0, \frac{2\pi}{M}\right)$, za svako

$n_b = 0, \dots, N_B - 1$. Neka je $\tilde{\Phi}_{n_c, n_h}$ jedinstveno Φ_{n_c, n_h} za svako

$$\arg[X_{n_c, n_h}(k-n_b) e^{-j\tilde{\phi}(k-n_b)}] \in \left[0, \frac{2\pi}{M}\right) \quad (7)$$

za $n_b = 0, \dots, N_B - 1$. Ako se $Z_{n_c}(k-n_b)$ definiše kao:

$$Z_{n_c, n_h}(k-n_b) = X_{n_c, n_h}(k-n_b) e^{-j\tilde{\phi}(k-n_b)} e^{j n_b \theta_{n_h}} \quad (8)$$

za svako $n_b, n_h = 0, \dots, N_B - 1$, treba proračunati

$\arg[Z_{n_c, n_h}(k-n_b)]$, i niz vrednosti $\arg[Z_{n_c}(k-n_b)]$ u rastućem redosledu. Definiše se funkcija $l_{n_c, n_h}(i)$ davanjem vrednosti za n_b u $Z_{n_c, n_h}(k-n_b)$ za i -tu poziciju u nizu, $i = 0, \dots, N_B-1$

Stoga, imamo

$$\begin{aligned} 0 &\leq \arg[Z_{n_c, n_h}(k-l_{n_c, n_h}(N_B-1))] \leq \\ &\leq \arg[Z_{n_c, n_h}(k-l_{n_c, n_h}(N_B-2))] \leq \\ &\leq \dots \leq \arg[Z_{n_c, n_h}(k-l_{n_c, n_h}(0))] < \frac{2\pi}{M} \end{aligned} \quad (9)$$

Na kraju kreiramo sume:

$$\left| \sum_{i=q}^{q+N_B-1} Z_{n_c, n_h}(k-l_{n_c, n_h}(i)) \right|^2, q = 0, \dots, N_B-1, \quad (10)$$

i biramo maksimalnu. Tačke $Z_{n_c, n_h}(k - l_{n_c, n_h}(i))$, $i=0, \dots, N_B - 1$, predstavljaju remodulisane vrednosti $X_{n_c}(k - n_b)$, $n_b = 0, \dots, N_B$, in $\left[0, \frac{2\pi}{M}\right)$ naređane po veličini njihovog ugla.

Pretpostavimo da se najveća amplituda u (10), pojavljuje za $q = q'$. Sada nalazimo fazni vektor $\hat{\Phi}_{n_c, n_h}$ koji odgovara $q = q'$. Na osnovu prethodnog razmatranja, kada je i u opsegu $q' \leq i \leq q' + N_B - 1$, imamo:

$$\phi_{n_c, n_h}(k - l_{n_c, n_h}(i)) = \tilde{\phi}_{n_c, n_h}(k - l_{n_c, n_h}(i)), \quad (11)$$

$$q' \leq i \leq N_B - 1$$

$$\phi_{n_c, n_h}(k - l_{n_c, n_h}(i) + 1) = \tilde{\phi}_{n_c, n_h}(k - l_{n_c, n_h}(i) + 1) + \frac{2\pi}{M}, \quad (12)$$

$$N_B - 1 < i \leq q' + N - 2$$

Analizom (11) i (12) dobijamo elemente $\phi_{n_c, n_h}(k - l_{n_c, n_h}(l))$, $l=0, \dots, N_B - 1$. Sređivanjem elemenata $\phi_{n_c, n_h}(k - l_{n_c, n_h}(l))$, $l=0, \dots, N_B - 1$, u skladu sa vrednosti $l_{n_c, n_h}(l)$, formiramo sekvencu $\phi_{n_c, n_h}(k), \phi_{n_c, n_h}(k-1), \dots, \phi_{n_c, n_h}(k - N_B + 1)$, koja je vektor Φ_{n_c, n_h} za jednu hipotezu.

Nakon proračuna vektora Φ_{n_c, n_h} za svaku hipotezu, računamo sledeće:

$$\hat{S}_{n_h}(k) = (1 - A)\hat{S}_{n_h}(k-1) + A \cdot \sum_{n_c=0}^{N-VC+1} S_{n_c, n_h}(k), \quad (13)$$

$$n_h \leftarrow \max_{n_h} \hat{S}_{n_h}(k). \quad (14)$$

Zbog različitog kodiranja, da bismo našli $\Delta\hat{\Phi}$, moramo da koristimo sledeću jednačinu:

$$\Delta\phi_{n_c}(k) = \phi_{n_c, n_h}(k) - \phi_{n_c, n_h}(k-1),$$

$$k = 1, \dots, N_B - 1, \quad n_c = \frac{VC}{2}, \dots, N - \left(\frac{VC}{2} + 1\right). \quad (15)$$

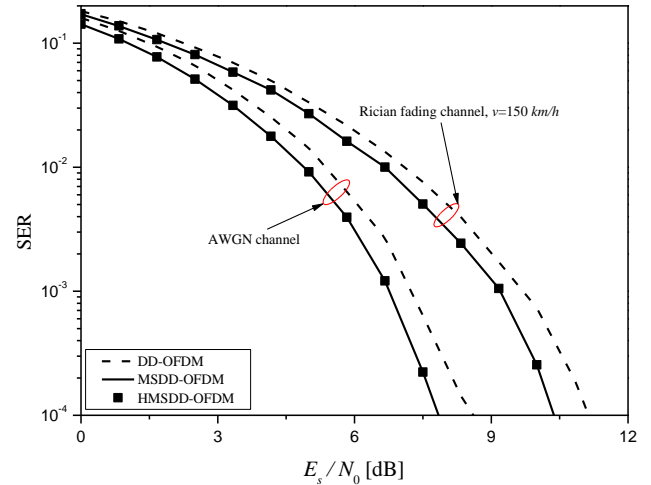
Iz (15) možemo da odredimo primljeni signal za MDPSK konstelaciju, i na osnovu (14) logički blok za selekciju se prebacuje u odgovarajući blok hipoteze.

3. NUMERIČKI REZULTATI

Performanse predloženog algoritma su analizirane korišćenjem Monte-Carlo simulacija sa milion simulacionih koraka. Frekvencija nosioca je 2.4 GHz, perioda odmeravanja pre DFT bloka je $T_c = 100$ ns. OFDM simulacioni parametri su: $N = 64$, broj virtuelnih kanala $N_{VC} = 8$, $T_{CP} = T_{GI} = 8T_c$, što ne umanjuje značaj rezultata i za druge vrednosti. T_{CP} je posmatran nezavisno od T_{GI} . Na osnovu prethodnog trajanje OFDM okvira je $T_f = T_{GI} + T_S + T_{CP} = 80T_c = 8\mu s$, i OFDM brzina prenosa podataka je 7 MSym/s.

Performanse sistema su analizirane za različite vrednosti broja hipoteza (N_H), broja bita kod MSDD (N_B) parametra koji predstavlja odnos između faznog koraka i širine propusnog opsega OFDM kanala $\Delta\phi / B_c$. Predloženi sistem je upoređen sa OFDM sistemom sa standardnom detekcijom (DD-OFDM) iz [12] OFDM sistemom koji primenjuje diferencijalnu detekciju na osnovu više simbola (MSDD-OFDM), analiziranog u [10].

jalnu detekciju na osnovu više simbola (MSDD-OFDM), analiziranog u [10].

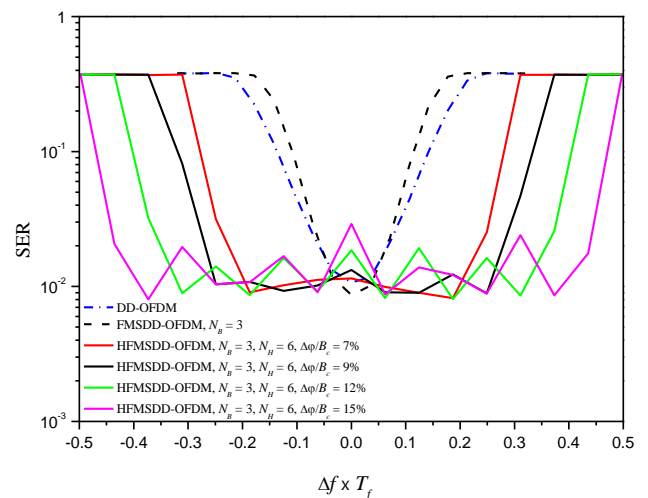


Slika 2. Verovatnoća greške po simbolu u zavisnosti od odnosa E_s/N_0 $\Delta f = 0$ u AWGN kanalu i kanalu sa Rajsovim fadingom, BDPSK modulacija

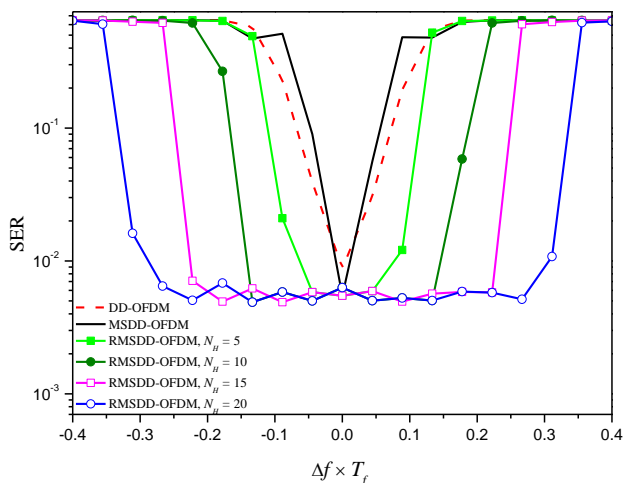
Verovatnoća greške po simbolu u zavisnosti od odnosa energije po simbolu i energije spektralne gustine snage šuma (E_s / N_0) u AWGN kanalu i kanalu sa Rajsovim fadingom je prikazana na Slici 2. Faktor Rajsovog fedinga je $K = 10$ dB. Feding je modelovan Jake-ovim modelom, gde je $N_L = 10$ broj likova ravnomerno raspoređenih u krugu dok se prijemnik kreće u prostoru brzinom v . Parametar MSDD-OFDM prijemnika je $N_B = 5$, a parametra predloženog prijemnika je $N_B = 5$, $N_H = 11$, i $\Delta\phi / B_c = 4\%$.

Sa Slike2 se može zaključiti da u uslovima bez ofseta predloženi prijemnik ima bolje performanse od DD-OFDM prijemnika i iste performanse kao i MSDD-OFDM prijemnik.

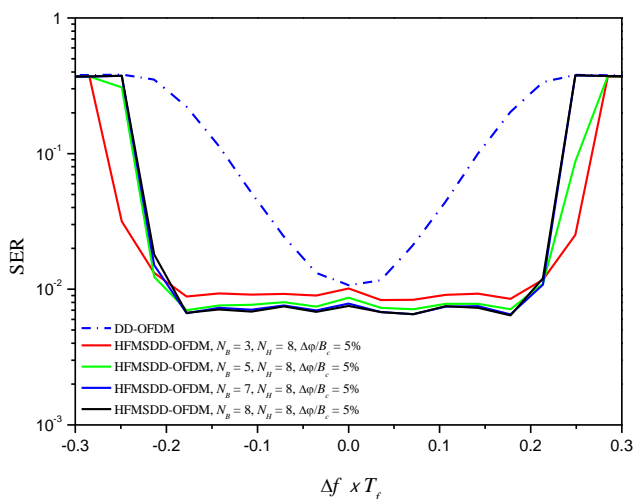
Slike. 3, 4 i 5 predstavljaju verovatnoću greške po simbolu u zavisnosti od normalizovanog frekvencijskog ofseta $\Delta f \times T_f$, sa $\Delta\phi / B_c$, N_H i N_B kao parametrima, respektivno. Ostali parametri su $N_B = 4$ i $E_s / N_0 = 12$ dB.



Slika 3. Verovatnoća greška po simbolu u zavisnosti od normalizovanog frekvencijskog ofseta za $N_B = 4$, $N_H = 8$ sa $\Delta\phi / B_c$ kao parametrom i BDPSK modulacijom



Slika 4. Verovatnoća greška po simbolu u zavisnosti od normalizovanog frekvencijskog ofseta za $N_B = 4$, $\Delta\phi/B_c = 3\%$ sa N_H kao parametrom i BDPSK modulacijom



Slika 5. Verovatnoća greške po simbolu u zavisnosti od normalizovanog frekvencijskog ofseta za $N=64$, $N_{VC}=8$ i $T_{GI}=T_{CP}=8T_c$, $E_s/N_0 = 7\text{dB}$, $N_H = 8$, $\Delta\phi/B_c = 5\%$ sa N_B kao parametrom i BDPSK modulacijom

Može se uočiti da predloženi RMSDD-OFDM prijemnik ima širi opseg frekvencijskog ofseta u kome ima veoma dobre performanse. Sa povećanjem proizvoda $\Delta\phi/B_c \times N_H$, opseg se povećava. Međutim, ako ovaj proizvod pređe vrednost od približno 50%, prijemnik postaje nestabilan, što se manifestuje kroz oscilovanje vrednosti za verovatnoću greške, posebno za veliku vrednost $\Delta\phi/B_c$.

ZAKLJUČAK

U radu je predloženi OFDM rekonfigurabilni prijemnik (RMSDD) za detekciju OFDM/BDPSK signala. Performanse predloženog prijemnika su upoređene sa prijemnicima slične kompleksnosti, kao što su OFDM prijemnik sa standardnom diferencijalno detekcijom (DD-OFDM) i OFDM prijemnik a diferencijalnom detekcijom na osnovu više simbola (MSDD-OFDM). analize pokazuju da predloženi prijemnik poseduje dobre performanse u širem opsegu frekvencijskog ofseta, nego druga dva prijemnika. Povećanje opsega frekvencijskog ofseta koji sistem može da podnese se može postići na dva načina. Prvi način je povećanjem broja hipoteza, što povećava

va i kompleksnost sistema. Drugi način je povećanje odnosa $\Delta\phi/B_c$, što ne povećava kompleksnost sistema, ali ima i svoju maksimalnu vrednost $\Delta\phi/B_c$. Nakon te vrednosti sistem postaje nestabilan.

LITERATURA

- [1] European Standard (Telecommunications Series), Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to Mobile, Portable and Fixed Receivers - ETSI EN 300 401 V1.3.3 (2001-05), 2001.
- [2] European Standard (Telecommunications Series), Digital Video Broadcasting (DVB); Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Terrestrial Television - ETSI EN 300 744 V1.4.1 (2001-01), 2001.
- [3] T. Pollet, M Van Bladel and M. Moeneclaey, "BER sensitivity of OFDM systems to carrier frequency offset and Wiener phase noise", IEEE Transactions on Communications, vol. 43, pp.191 -193, 1995.
- [4] R. Narasimhan, "Performance of diversity schemes for OFDM systems with frequency offset, phase noise and channel estimation errors", IEEE ICC, vol. 3, pp.1551-1557, 2002.
- [5] M. Simon and M. Alouini, Digital Communications over Fading Channels: A Unified Approach to Performance Analysis, Wiley, N. York, 2000.
- [6] I. Korn, "Error floors in satellite and land mobile channels", IEEE Transactions on Communications, vol. 39, pp. 833-837, 1991.
- [7] H. Leib and S. Pasupathy, "The phase of a vector perturbed by Gaussian noise and differentially coherent receivers", IEEE Transactions Information Theory, vol. 34, pp. 1491-1501, 1988.
- [8] D. Divsalar and M. SIMON, "Multiple-symbol differential detection of MPSK", IEEE Transactions on Communications, vol. 38, pp. 300-308, 1990.
- [9] C. Gao, A. Haimovich and D. Lao, "Multiple-symbol differential detection for MPSK space-time block codes: decision metric and performance analysis", IEEE Transactions on Communications, Vol. 54, pp. 1502-1510, 2006.
- [10] B. Dimitrijević, S. Stošović, N. Milošević and Z. Nikolić, "Influence of frequency offset on the reception of OFDM/QPSK signal using MBDD algorithm," Telfor Journal, Vol. 3 No. 2, pp. 78-81, Nov. 2011.
- [11] S. Stošović, B. Dimitrijević, N. Milošević and Z. Nikolić, "OFDM/DPSK System Performance Improvement in the Presence of Frequency Offset Using a Reconfigurable Detection Algorithm," Electronics and Electrical Engineering, No. 3(119), pp. 35-38, April 2012.
- [12] S. Stošović, B. Dimitrijević, N. Milošević and Z. Nikolić, "Frequency offset influence on OFDM/MDPSK system performance", Proceedings of ICEST 2010, Ohrid, FYRO Macedonia, pp. 81-84, July 2010.

PROBLEMI RECIKLAŽNE INDUSTRIJE U REPUBLICI SRBIJI PROBLEMS OF RECYCLING INDUSTRY IN SERBIA

Boban Cvetanović, *Visoka tehnička škola strukovnih studija u Nišu, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - *Reciklaža je, kao sastavni deo održivog razvoja i zelene ekonomije jedno od najvažnijih pitanja u procesu pristupanja Srbije EU, pa je tako, rešavanje problema adekvatnog upravljanja otpadom i reciklaže jedna od najvažnijih obaveza. Iako reciklažna industrija, kao najmlađa industrijska grana u Srbiji, danas beleži konstantni rast, postoje brojni problemi koje je neophodno brzo i efikasno rešiti. Ovaj rad analizira najistaknutije probleme i pokušava da ukaže na načine kako da se neki od njih reše.*

Ključne reči: Otpad. Upravljanje otpadom. Reciklaža. Reciklažna industrija.

Abstract - *Recycling is an integral part of sustainable development and the green economy is one of the most important issues in the process of Serbia's accession to the EU, and thus, solving the problem of adequate waste management and recycling is one of the most important obligations. Although recycling industry, as the youngest industrial branches in Serbia, today constant growth, there are many problems that need to be quickly and efficiently resolved. This paper analyzes the most prominent problems and tries to point out ways to solve some of them.*

Key words: Waste. Waste management. Recycling. The recycling industry.

1. UVOD

Reciklaža je pojam kojim se može opisati složen proces pretvaranja otpada u sirovine od kojih mogu nastati novi proizvodi. Sistem prikupljanja i recikliranja različitih vrsta otpada nije samo ekološko pitanje, već je i ekonomski i energetski potencijal jedne zemlje.

Koristi su ogromne, od očuvanja prirodnih resursa, energije i okoline, smanjenja gomilanja otpada na deponijama do otvaranja novih radnih mesta u ovoj novoj privrednoj grani. Čak 70% otpada ima upotrebnu vrednost, što znači da se može reciklirati. Nezvanični podaci ukazuju da razvijene zemlje reciklažom ostvaruju promet od čak 160 miliona dolara godišnje i pri tome zapošljavaju 1,5 miliona ljudi širom planete [1].

Reciklaža je najmlađa industrijska grana u Srbiji i jedna od retkih koja, u vreme svetske ekonomske krize, prema zvaničnim podacima, beleži rast. O tome najbolje govori podatak da je proteklih godina u ovoj industriji zapošljeno više od 10.000 ljudi. U Srbiji danas postoji 2.200 firmi koje se bave sakupljanjem i reciklažom otpada, što je u odnosu na 2009. kada ih je bilo 200, ogroman napredak. Reciklažna industrija je u Srbiji, u 2013. godini, prerađivala otpad u vrednosti 1.8 milijardi dinara. Pored stručnjaka, inženjera i ekologa, ova industrija upošljava i sakupljače sekundarnih sirovina širom zemlje, koji često potiču iz marginalizovanih društvenih grupa, pruža im socijalnu zaštitu i uključuje ih u legalne tokove [2].

S druge strane, postoji i dosta problema u oblasti poslova vezanih za reciklažu i oni su naročito izraženi u zemljama koje nemaju dugu tradiciju u sakupljanju i recikliranju otpa-

da, a tu spada i Republika Srbija. Pored činjenice da se radi o nestabilnom i osetljivom tržištu, u našoj zemlji često postoji i nerazumevanje bitnih institucija za značaj reciklaže. Možda i najveći problem je nezainteresovanost javnog mnjenja za process, pre svega primarne selekcije i uopšte reciklaže otpada.

Ne treba zaboraviti, da je reciklaža jedno od najvažnijih pitanja u procesu pristupanja EU i obaveza Srbije je da u potpunosti reši problem upravljanja otpadom, a time i reciklaže.

Ovaj rad daje pregled trenutnog stanja reciklaže i reciklažne industrije u Srbiji i svetu i analizira probleme u procesu reciklaže otpada u našoj zemlji.

2. STANJE PROCESA RECIKLAŽE

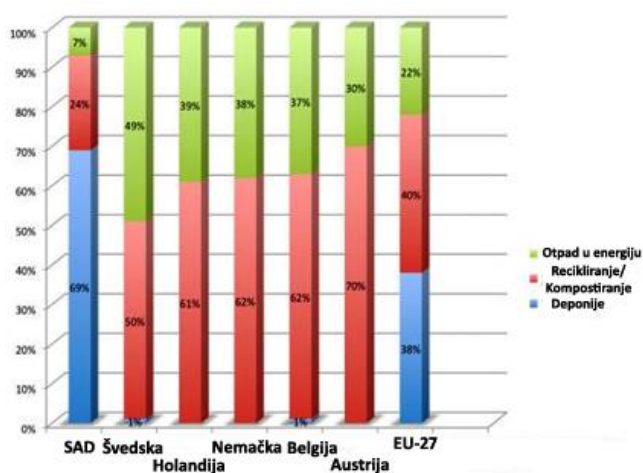
2.1. Pregled stanja u svetu

Iako se neretko Evropska Unija pominje kao celina, jasno je da postoje razlike kada je oblast upravljanja otpadom u pitanju. Primetne su razlike u nivoima razvoja između prvih 15 država članica i ostalih 13, odnosno onih koje su kasnije primljene u članstvo. Razlike nisu samo u nivou upravljanja otpadom, već i u količinama koje pojedine države proizvode, pa tako Nemačka, Velika Britanija, Francuska, Italija i Španija stvaraju 80% ukupnog otpada u EU, dok novih 13 članica proizvode tek oko 10% [1].

Duž cele Evropske unije sve je veća količina otpada koja se reciklira, a time i manje otpada koji se šalje na odlagališta. Udeo recikliranog ili kompostiranog otpada u EU-27 (podaci bez Hrvatske) povećao se sa 31 % u 2004. godini na 40 % u 2012. godini [1].

Uprkos ovim postignućima i dalje postoje ogromne razlike među zemljama u pogledu procenta recikliranog otpada. Osim po količini proizvedenog otpada po glavi stanovnika, SAD je na vrhu još jedne negativne liste, a to je procenat otpada koji se odlaze na deponije. On iznosi čak 69%, dok se samo 31% iskorišćava (7% u energiju i 24% recikliranje). S druge strane Belgija, Nemačka, Holandija i Austrija su države koje gotovo uopšte ne odlaze otpad na deponije jer se on u potpunosti koristi, delom za dobijanje energije, a delom se reciklira-kompostira. Austrija čak 70% otpada reciklira, a 30% pretvara u energiju, dok je kod Nemačke taj odnos 62%:38%. Na nivou čitave EU, ukupan procenat iskorišćenja otpada je 62%, a ukoliko se posmatra samo otpad koji se reciklira to iznosi 40% (slika 1).

Japan je prva država u kojoj se otpad zbrinjavao na pravi način i to još 70-tih godina prošlog veka. Dugo godina ova država je bila i lider po količinama otpada kojim se upravljalo na kvalitetan način, a i danas je u vrhu te liste (96% otpada se iskoristi, od čega za dobijanje energije 80% - inseneracijom i recikliranjem 16%) [1].



Slika 1. Procenat otpada koji se reciklira, kompostira, spaljuje i odlaze na deponije [1].

Iako se spaljivanje smatra jednom od opcija-tretmana za smanjenje otpada i dobijanje energije za grejanje, treba naglasiti da su postrojenja za bezbedno spaljivanje otpada veoma skupa, a vrlo često se postavlja i pitanje njihove rentabilnosti. Spaljivanje bez specijalnih filtera je visoko rizično po zdravlje stanovništva, pa poznavajući ustaljenu praksu u našoj zemlji, kada je o održavanju sistema reč, čini se da je možda bolje što ovakav vid tretmana otpada nije zaživeo.

2.1. Pregled stanja u Republici Srbiji

Količine komunalnog otpada na godišnjem nivou u našoj zemlji, proračunavaju se na osnovu merenja otpada u referentnim lokalnim samoupravama. S obzirom da postojeće stanje u lokalnim samoupravama karakterišu nepouzdan i nepotpuni podaci o količini generisanja komunalnog otpada, može se govoriti samo o okvirnim podacima. U proseku, svaki stanovnik Republike Srbije generiše 0,87 kg komunalnog otpada/dan (318 kg/godišnje) [3].

Prema nezvaničnim podacima, u Republici Srbiji oko 97% generisanog otpada završava na deponijama, što je najmanje ekonomična i ekološki opravdana opcija za uprav-

ljanje otpadom (čak i u postojećim reciklažnim centrima u Srbiji, procenat otpada koji se odvaja je samo oko 15%). Situacija je dodatno alarmantna jer većina deponija u našoj zemlji nije uređena, a postoji i ogroman broj divljih deponija.

Godišnja količina ambalažnog otpada (staklena i plastična ambalaža, papir/karton, aluminijumska i ambalaža od gvožđa), procenjuje se na preko 334.500 t/god., ali se mali deo toga sakupi, a još manji deo reciklira [2]. Kapaciteti fabrika za reciklažu otpada, po pravilu, premašuju količine koje se sakupe na teritoriji Srbije, a nedostatak sirovine prouzrokovao je nerazvijenom sakupljačkom infrastrukturom i nedovoljnim ulaganjima u njen razvoj.

Neki konkretni podaci mogu da dočaraju disproporciju u količinama ambalaže koje se na tržište Srbije plasiraju, sakupe i recikliraju. Prema podacima iz izveštaja Agencije za životnu sredinu, Carine i samih reciklera PET otpada, iako je 2012.godine, na tržište Srbije, stavljeno 45.206 tona plastičnih boca, u fabrike za reciklažu je stigla jedva trećina, odnosno samo 13.000 tona boca (29%). S obzirom da su kapaciteti industrije reciklaže plastičnog otpada u Srbiji gotovo 35.000 tona, reciklari su bili primorani da deo plastičnog otpada i uvezu, ali ni sa tim količinama procenat iskorišćenosti kapaciteta nije prešao 40% [2]. Na osnovu ove statistike vidi se da, usled nedovoljno razvijenog sakupljanja, i dalje najveći deo iskorišćene plastične ambalaže završava na deponijama, iako u Srbiji kapaciteti industrije reciklaže ovog otpada mogu da zadovolje preradu približno 75% količina plasiranih na tržište. Ništa bolja situacija nije ni u domaćim fabrikama za reciklažu stakla, papira i tetrapaka. Domaći reciklari su u nedostatku otpadnog papira prinuđeni da sirovinu uvoze kako bi popunili svoje kapacitete prerade. U Srbiji je 2012.godine uveženo oko 50.000 tona otpadnog papira i kartona, a prema projekcijama samih reciklera, uvežene količine će, do 2020.godine, premašiti 70.000 tona. Kada je staklo u pitanju, jedina fabrika koja se bavi reciklažom ovog materijala uspeva da popuni 40% svojih kapaciteta, a od toga samo 5% otpadnog stakla stiže iz javnog komunalnog sektora. Reciklaža tetrapaka je najmlađa grana u branši, pa se mesečno u Srbiji sakupi samo 100 tona ove vrste otpadne ambalaže, iako naša fabrika za reciklažu tetrapaka (prva takve vrste na prostoru Balkana), ima kapaciteta 8.000 tona godišnje, pa najveći deo materijala za reciklažu nabavlja iz uvoza. Paradoksalno je i to da Vrnjačka Banja sakupi više otpadnog tetrapaka od Beograda [2,6].

3. PROBLEMI RECIKLAŽNE INDUSTRIJE

Iako se u izveštaju Evropske komisije za 2012. godinu navodi se da je Srbija postigla napredak u oblasti upravljanja otpadom i što su realno učinjeni značajni koraci da se otpadni materijali ponovo koriste, recikliraju ili koriste kao izvor energije, ipak u ovoj oblasti i dalje ima mnogo problema.

Prema procenama datim u Strategiji upravljanja otpadom, u Republici Srbiji se organizovano sakuplja i odvozi samo oko 60% komunalnog otpada i većina tog otpada završava na deponijama, bez separacije [6]. Sakupljanje je organizovano pretežno u urbanim oblastima, dok su ruralne oblasti znatno slabije pokriveno. Ovde se već na prvom koraku u procesu upravljanja otpadom, pojavljuje veliki problem, a to je slab procenat organizovano sakupljenog otpada. Uslov za uspešno uspostavljen proces reciklaže je organizovano sakupljanje većih količina otpada.

Problemi upravljanja otpadom nisu jednako i ravnomerno izraženi u svim lokalnim samoupravama i aktivnosti na uvođenju integralnog sistema se ne odvijaju istim intenzitetom, već prvenstveno zavise od mogućnosti pojedinih lokalnih samouprava. Ovakav nekoherentni sistem ne može adekvatno da funkcioniše, a promene ovakvog stanja u pravcu primene savremenih sanitarnih i bezbednih načina postupanja sa otpadom, ne mogu se očekivati bez značajnih materijalnih sredstava. Jedino ekonomski opravdano rešenje je formiranje regionalnih centara za upravljanje otpadom u okviru kojih će se otpad sakupljen iz više opština tretirati na postrojenjima za separaciju reciklabilnog otpada i ostatak odlagati na regionalnim deponijama.

U Republici Srbiji ne postoji sistemski organizovano odvojeno sakupljanje, sortiranje i reciklaža otpada. Postojeći stepen reciklaže, odnosno iskorišćenja otpada je nedovoljan. Mada je primarna selekcija otpada u Srbiji propisana zakonom i predviđa odvajanje papira, stakla i metala u posebno označene kontejnere, reciklaža ne funkcioniše u praksi.

Iako je reciklažna industrija od 2008. godine i uspostavljanja prvog seta zakona, rasla i po sto procenata godišnje, taj rast je trajao negde do 2011. godine da bi 2012. godine, zbog ukidanja Fondaza zaštitu životne sredine, nastala stagnacija u reciklažnoj industriji U 2013. i 2014. godini dešava se čak konstantan pad. u proseku od po 25 procenata [2].

Kapaciteti fabrika za reciklažu otpada (uglavnom ambalažnog), premašuju količine koje se sakupe na teritoriji Srbije, a nedostatak sirovine prouzrokovan je nerazvijenom sakupljačkom infrastrukturom i nedovoljnih ulaganja u njen razvoj. Prema podacima predstavnika reciklažne industrije, fabrike za reciklažu otpada u Srbiji ne uspevaju ni približno da popune svoje kapacitete. Otpad zbog nedovoljno razvijene sakupljačke mreže i dalje završava na deponijama umesto u reciklažnim postrojenjima. U isto vreme otpadni materijal u velikim količinama uvozimo [2].

Sa druge strane, u našoj zemlji su postavljeni niski nacionalni ciljevi za ponovno iskorišćenje otpada i reciklažu, pa se više ambalažnog otpada sakupi i reciklira godišnje nego što je to predviđeno nacionalnim ciljevima za ambalažni otpad. Paradoks je da količina sakupljenog i recikliranog PET otpada u 2012. godini od oko 13.000 tona značajno premašuje postavljene nacionalne ciljeve u sakupljanju i reciklaži plastičnog otpada od 7,5%, odnosno samo 3.400 tona [2].

Pritom, ne postoje finansijske stimulacije za građane koji odvajaju reciklabilni otpad, dok su retke i subvencije za reciklažnu industriju, kroz politiku davanja podsticajnih sredstava. Ovim stimulacijama i subvencijama bi se unapredili kapaciteti i efikasnost sakupljača, umanjili negativni uticaji oscilacija cena sekundarnih sirovina na tržištu, obezbedio dalji razvoj "zelene ekonomije" i otvaranje novih radnih mesta, kao i zapošljavanje socijalno ugroženih kategorija stanovništva. Takođe, neformalni sakupljači nisu integrisani u sistem, iako su po svom učešću u količinama ambalažnog otpada koje se sakupljaju u Srbiji najznačajniji faktor.

Primer dobre prakse bilo je uvođenje taksiranja proizvoda koji posle upotrebe postaju posebni tokovi otpada. Naime, svi proizvođači, distributeri i uvoznici takvih proizvoda postali su obavezni da plaćaju ekološku taksu, dok su paralelno sa tim uvedena i podsticajna sredstva za tretman posebnih toko-

va otpada. Krajem 2009. godine počelo je davanje podsticajnih sredstava firmama koje tretiraju otpadne gume, a godinu dana kasnije električnog i elektronskog otpada, akumulatora i ulja. Primenom načela „zagađivač plaća“, proisteklim iz zakonodavstva Evropske unije, putem ekoloških taksi i podsticajnih sredstava obezbeđeni su uslovi za razvoj reciklažne industrije i razvoj sakupljačke infrastrukture. Međutim, početkom 2014. godine došlo je do zastoja u plaćanju, samim tim do zastoja u radu, zbog čega je čak postojala bojazan da će potpuno prestati sa radom ova najmlađa industrijska grana, što samo dokazuje tvrdnju o reciklaži kao osetljivoj, pa i nestabilnoj industrijskoj grani.

Kada se govori o finansijama i učešću države u njihovom obezbeđivanju, kao problem se javljaju i neobebeđena sredstva za otpad koji je prerađen u protekloj godini, što za posledicu ima smanjenje broja radnika u firmama reciklažne industrije ili čak do njihovog gašenja. Takođe, često se dešava da kasne konkursi za dodelu sredstava za prerađen otpad, zbog čega potencijalna ulaganja u poslove reciklaže, postaju suviše rizična, kako za same ulagače tako i za banke koje bi kredite, u boljim okolnostima, mogle da usmere ka reciklerima. Problem je i nedovoljan inspeksijski nadzor, odnosno neophodna je kontrola izdatih dozvola na svim nivoima.

Prema, Udruženju reciklera Srbije, idealno rešenje bi bila stoprocentna naplata ekotaksi, isplata nadoknada za prerađeni otpad najkasnije u roku od 45 dana, od trenutka potpisivanja ugovora, a da se ugovori potpisuju odmah nakon okončanja kvartala.

Iako ne previše primetan, još jedan problem dodatno opterećuje reciklažu u našoj zemlji. Najpre, i nekako neizbežno, jeste nedostatak novca, a potom velik broj inividualnih sakupljača, što predstavlja veoma složen društveni problem. Trenutno u Srbiji postoji oko 30 do 50 hiljada ljudi koji zarađuju sakupljanjem otpada, a to je glavni razlog zašto javnim preduzećima nije isplativo ulaganje u namenske kontejnere i infrastrukturu za reciklažu. Srbija bi morala da nađe način da ovaj problem reši, da ovi ljudi uđu u druge tokove reciklaže, da im se obezbedi pravi posao, a samim tim bi se dobio i benefit od reciklaže [4].

Uz sve ove probleme, karakteristične za našu zemlju, pojavio se i jedan iznenađni i to na globalnom nivou. Naime, papir, metal, plastika i staklo koji se prikupljaju, sortiraju i prodaju, nadmeću se sa izvornim sirovinama, od kojih su mnoge, danas, jeftine. Obilje nafte samo je nova briga reciklažne industrije. Nove plastike su nusproizvodi industrije nafte i gasa. Ako fosilnih goriva ima previše na tržištu, proizvođačima plastične ambalaže je isplativije da kupuju novu plastiku, što spušta cenu recikliranih sirovina i stvara pritisak na sve segmente reciklažne industrije. Slična je situacija i zbog pada cena drugih sirovina, među njima papira, aluminijuma i bakra, uglavnom izazvanim usporenim privrednim rastom Kine. Tako se dogodilo da mnogi gradovi i okruzi koji su ranije imali neočekivane izvore prihoda za prikupljeni karton, limenke i plastične boce, danas ili ne dobijaju ništa za prikupljene sirovine ili čak moraju da plaćaju kompanijama da te sirovine preuzmu (primer je grad Vašington, koji je 2015. godine platio kompaniji "Waste management" 1,37 miliona dolara da preuzme prikupljene sirovine što je oštra suprotnost u odnosu na 2011. godinu, kada je grad zaradio pola miliona dolara od otprilike iste količine sirovina) [5].

Na kraju, ali možda i najznačajniji problem je nedostatak interesovanja građana za postupke reciklaže, u prvom redu za primarnu selekciju otpada. Centralni organi vlasti promovišu praktično-politički pristup rešavanja problema otpada koji počiva isključivo na normativnoj aktivnosti. Ovakav pristup nije najbolji jer razvijanje javne svesti treba da predstavlja jedan od ključnih segmenata politike upravljanja otpadom i on ne može da se zasniva na rešavanju problema samo kroz donošenje pravnih akata. Neophodno je podstaknuti i promovisati različite opcije za uspostavljanje sistema za razvijanje javne svesti o upravljanju otpadom.

Postojanje politike za razvijanje javne svesti o upravljanju otpadom omogućava strateško planiranje i stalne konsultacije sa svim zainteresovanim stranama u lokalnoj zajednici. Ovakav sistem donosi dodatnu korist pri rešavanju problema upravljanja otpadom kroz izgradnju novih, kvalitetnijih odnosa između lokalne samouprave i njenih strateških partnera na lokalnu, kao i kroz uvođenje javno - privatnih partnerstava za pružanje različitih vrsta usluga. Ona omogućava stalne kanale komunikacije sa građanstvom i pokušava da princip hijerarhije upravljanja otpadom postavi kao redovan model ponašanja svih aktera u upravljanju otpadom. S druge strane, nedostatak razvijanja javne svesti u procesu upravljanja otpadom, vodi ka zajednici u kojoj se racionalne i planirane odluke vezane za upravljanje otpadom zamenjuju ishitrenim i pogrešnim rešenjima koja mogu znatno ugroziti napredak lokalne zajednice, životnu sredinu i zdravlje njenih članova. Ovakav nepoželjan scenario takođe najčešće vodi ka uspostavljanju sistema koji uopšte ne počiva na hijerarhiji upravljanja otpadom, gde ne postoji prevencija nastajanja otpada, njegova redukcija na izvoru i promovisanje koncepta ponovne upotrebe proizvoda. U ovakvom sistemu ne postoji poimanje reciklaže i višestrukih pozitivnih tehničkih, ekoloških i ekonomskih efekata koje ona nosi. Upravljanje otpadom bez razvijenog programa javne svesti se u ovakvom slučaju najčešće shvata kao odnošenje smeća i njegovo odlaganje na deponiju što je najnepoželjniji model [7].

4. ZAKLJUČAK

Iako još nedovoljno razvijena industrijska grana, reciklaža ima veliku perspektivu u našoj zemlji. Recikliranje otpada danas nije samo ekološko pitanje, već je i ekonomski i energetski potencijal jedne zemlje. Ne treba zaboraviti, da je reciklaža jedno od najvažnijih pitanja u procesu pristupanja EU.

Ipak, u procesu upravljanja otpadom i naročito reciklaži, javljaju se mnogobrojni problemi, koji prete da uspore razvoj reciklažne industrije. Najizraženiji problem su svakako finansije, ali su podjednako značajni i nerazumevanje nadležnih institucija za reciklažnu industriju i naravno nedovoljna razvijenost svesti građana o značaju reciklaže za razvoj jedne države.

Zato se, u narednom periodu, mora dosta raditi na rešavanju svih problema, kako bi reciklaža i industrija koja je prati, dobila svoje mesto u privredi naše zemlje.

LITERATURA

- [1] <http://www.eea.europa.eu/>
- [2] <http://www.asocijacijareciklera.com/>
- [3] Sl. glasnik RS br.29/10, Strategija upravljanja otpadom za period 2010-2019.godine, 2010.
- [4] B. Milovanović, "Odlaganje komunalnog otpada u Evropskoj uniji i Srbiji – pogled iz perspektive lokalne zajednice", Nova politika za razvijanje javne svesti o upravljanju otpadom na lokalnom nivou-od razumevanja do potrebe, Centar za evropske integracije Beogradske otvorene škole, 2011.
- [5] D. Gelles, "Skid in Oil Prices Pulls the Recycling Industry Down With It", International report, The New York Times, 2016.
- [6] Republički zavod za statistiku Republike Srbije, Statistika otpada i upravljanje otpadom u Republici Srbiji, 2012.
- [7] https://rs.boell.org/sites/default/files/nova_politika_za_razvijanje_javne_svesti1.pdf

SISTEMI ZA RECIKLAŽU OTPADNIH ULJA WASTE OIL RECYCLING SYSTEMS

Petar Đekić, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš*
Biljana Milutinović, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš*

Sadržaj – Sa porastom upotrebe raznih procesnih ulja povećava se količina otpadnog ulja. Kako otpadna ulja spadaju u kategoriju opasnog otpada, posebna pažnja se poklanja njihovom zbrinjavanju. Do sada su u svetu razvijene različite tehnologije za preradu otpadnih ulja ili njihovo korišćenje kao energenta. U ovom radu prikazani su tehnološki postupci za tretiranje otpadnih ulja koji su do sada razvijeni i primenjuju se u svetu.

Ključnereči: Reciklaža. Otpadna ulja. Tehnologije prerade.

Abstract - With increasing use of various processing oils increases the amount of waste oil. As well waste oil is hazardous waste, special attention is paid to its treatment. Until now, different technologies for waste oil treatment were developed. In this paper, the technological methods of waste oil treatment that have so far been developed and applied in the world are presented.

Key words: Recycling. Waste oil. Processing technologies.

1. UVOD

U okviru upravljanja posebnim tokovima otpada, upravljanje otpadnim uljima predstavlja jedno od značajnih izazova. Najznačajniji razlog za to je kapacitet koji otpadna ulja imaju kao potencijalni zagađivači životne sredine, pogotovu ako se imaju u vidu ukupne količine otpadnih ulja koje se generišu u savremenim uslovima i njihova aktuelna ili potencijalna opasnost. Prema podacima Evropske komisije u 27 zemalja EU prikupljeno je skoro 3 miliona tona otpadnih ulja. U zemljama EU sa strogim zakonskim propisima i visokim kaznama za nepropisno odlaganje otpadnih ulja, zbog činjenice da 10 do 30% vozača privatnih automobila sami menjaju ulje i samo mali deo otpadno ulje predaje na skladištenje i zbrinjavanje.

Procene o količinama otpadnih ulja koje se generišu u Republici Srbiji mogu se smatrati nepotpunim, procenjuje se da se godišnje u Republici Srbiji generiše oko 106.000 t otpadnih motornih ulja i 257.000 t mešane organsko-vodene emulzije. Pri tom treba imati u vidu da u Srbiji postoji mali broj postrojenja koja tretiraju otpadna ulja. Međutim najveća količina otpadnih ulja iz motora vozila završava u gradskoj kanalizaciji. Dok se veliki deo korišćenih ulja nekontrolisano spaljuje u kućnim pećima, koristi kao zaštita i impregnacija drveta, za podmazivanje raznih kalupa (gradevinskih blokova), uništavanje korova, prašine [1].

Zakonom o upravljanju otpadom [2] i Pravilnikom o uslovima, načinu i postupku upravljanja otpadnim uljima [3] je definisano šta je otpadno ulje, kako se ono odlaže, kako se tretira i koje su obaveze proizvođača, a koje sakupljača otpadnog ulja. Otpadna ulja, u smislu ovih propisa, otpadna ulja jesu sva mineralna ili sintetička ulja ili maziva, koja su neupotrebljiva za svrhu za koju su prvobitno bila namenjena,

kao što su hidraulična ulja, motorna, turbinska ulja ili druga maziva, brodska ulja, ulja ili tečnosti za izolaciju ili prenos toplote, ostala mineralna ili sintetička ulja, kao i uljni ostaci iz rezervoara, mešavine ulje-voda i emulzije, u skladu sa zakonom kojim se uređuje upravljanje otpadom.

Vlasnici otpadnih ulja koji nisu proizvođači otpadnog ulja dužni su da otpadno ulje predaju proizvođaču ili centru za sakupljanje. Proizvođač otpadnog ulja, u zavisnosti od količine otpadnog ulja koju godišnje proizvede, dužan je da obezbedi prijemno mesto, skladištenje, odnosno tretman radi ponovne ili alternativne upotrebe ili otpremanje u centar za sakupljanje, na propisani način.

Sakupljač mora imati najmanje jedan centar za sakupljanje i dužan je da obezbedi da otpadno ulje koje sakuplja bude ponovno upotrebljeno ili tretirano. Sakupljač može dati na uzorkovanje i ispitivanje otpadno ulje pre prihvatanja radi analize vode i PCB sadržaja u otpadnom ulju.

Otpadna ulja koja sadrže opasne materije koje se ne mogu ukloniti, tretiraju se u postrojenju koje za to ima dozvolu. Svako ko vrši sakupljanje, skladištenje i tretman otpadnih ulja mora imati dozvolu i obavezan je da vodi i čuva evidenciju o otpadnim uljima i količini koja je sakupljena, uskladištena ili tretirana, kao i o konacnom odlaganju ostataka posle tretmana, način i postupak upravljanja otpadnim uljima.

U ovom radu prikazani su tehnološki postupci za tretiranje otpadnih ulja koji su do sada razvijeni i primenjuju se u svetu. U prvom delu rada prikazane su obaveze generatora otpada koje propisuje Zakon o upravljanju otpadom. U drugom delu rada dat je opis tehnoloških postupaka sa šemama postrojenja.

2. EVOLUCIONI PUT SISTEMA ZA RECIKLAŽU OTPADNOG ULJA

Tretman reciklaže otpadnog ulja je kroz istoriju pratio poboljšanja uvođenjem novijih postupaka prerade ali u osnovi stoje dve vrste procesa [4]:

- Prerada otpadnih ulja
- Spaljivanje otpadnih ulja radi dobijanja energije

Specijalne peći za spaljivanje otpadnog ulja, koje su istovremeno koristile dobijenu energiju, pojavile su se u drugoj polovini XIX veka. Spaljivanjem se dobijala raspoloživa hemijska energija, definisana toplotnom moći, prevodila se u fizičku energiju dimnih gasova, definisanu temperaturom gasova. Postrojenja za spaljivanje otpadnog ulja sa iskorišćenjem toplote su po svojim karakteristikama slična termoelektranama i toplanama.

Proteklih godina praktično celokupno sagorevanje ulja je bilo izvođeno u insineratorima sa pokretnom rešetkom. Devedesetih godina se povećao interes za druge tehnologije, uključujući sagorevanje u fluidizovanom sloju, gasifikaciju, uglavnom zbog negativnih pratećih pojava vezanih za insineraciju.

Sistem termičkog tretmana ulja se razvio u Americi devedesetih godina. Veća komercijalna ustanova, sa većim kapacitetom, je bila napravljena u Pensilvaniji. Nakon toga Japan postaje najveći korisnik termičkih tretmana u svetu uključujući i preradu ulja, čak 40 miliona tona na godišnjem nivou.

Tendencija porasta kapaciteta postojećih fabrika i budućih mora da se poveća ali će povećanje populacije i ekonomskog razvoja, dovesti do povećanja emisije štetnih gasova.

3. ANALIZA POSTOJEĆIH REŠENJA RECIKLAŽE OTPADNOG ULJA

Određena otpadna ulja predstavljaju dragocenu sirovinu iz koje se različitim tehnološkim postupcima (regeneracija i rerafinacija) dobijaju bazna ulja, što je u razvijenim zemljama sveta davno ustaljena praksa. Regeneraciji (uklanjanju mehaničkih nečistoća) je dozvoljeno podvrgavanje samo nekih vrsta industrijskih ulja kod kojih nije došlo do degradacionih promena hemijske prirode. Motorna ulja i ulja za menjače i diferencijale ne mogu se regenerisati, već se moraju rerafinisati, odnosno, ponovo potpuno rafinerijski preraditi. Rerafinisana bazna ulja dobijena savremenim postupcima su vrlo visokog kvaliteta koji ne zaostaje za kvalitetom osnovnih baznih ulja, dobijenih iz prirodne nafte. O visokom kvalitetu rerafinata govori i podatak da su neki od vodećih proizvođača motora (Mercedes-Benz, VW, General Motors, Rover i drugi) kao i institucije API/ILSAC i ACEA dali saglasnost za ravnopravnu primenu ulja na bazi rerafinata [5,6].

Rerafinacijom otpadnih ulja moguće je izvući oko 80% kvalitetnih baznih ulja dok je ovaj procenat pri rafinerijskoj preradi nafte svega oko 15%. Pored sirovinske uštede značajna prednost ovog postupka je i činjenica da on iziskuje svega jednu trećinu energije potrebne za proizvodnju novog baznog ulja. Postoje mnoga polja primene recikliranog ulja, kao što su:

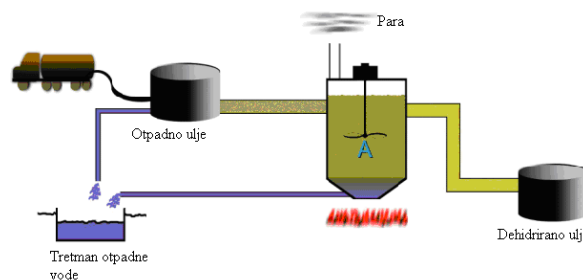
- Ulje za industrijsko sagorevanje, gde se dato ulje dehidrira, filtrira i demineralizuje za upotrebu u industrijskim gorionicama,
- Hidraulično ulje,
- Bituminski proizvodi,
- Aditivi za razne proizvode,
- Poboljšana uljne baze za podmazivanje, hidraulični pogon ili za upotrebu kao transformatorska ulja,
- Ulje za podmazivanje kalupa koje pomaže u oslobađanju predmeta iz njihovih kalupa (primer presovanih metalnih proizvoda, betona i sl.).

Kada se ulje preda u stanicu za skupljanje otpadnog ulja, njegovi sakupljači vrše predobradu i njegovu reciklažu, ukoliko je reč o osposobljenom pogonu, ili ga prodaju specijalizovanim kompanijama za reciklažu ulja. Pred obrada ulja obuhvata postupak uklanjanja vode u ulju, odnosno dehidriranja ulja. Jedan od načina za uklanjanje vode jeste stavljanje ulja u velike rezervoare, gde posle izvesnog vremena, zbog različitih fizičkih osobina vode i ulja dolazi do njihovog spontanog razdvajanja. Dalji postupci u procesu reciklaže su:

- Filtriranje i demineralizacija ulja, da bi se uklonile neke čestice, neorganski materijali i neki aditivi, prisutni u ulju, čime se dobija čistije ulje za sagorevanje ili ulje za dalju preradu,
- Propansko deasfaltiranje da bi se uklonile teže bitumenske frakcije, čime se dobija poboljšano ulje,
- Destilacija kojom se dobija rerafinisano ulje podesno za upotrebu kao sredstvo za podmazivanje, hidrauliku ili kao transformatorsko ulje. Ovaj proces je sličan procesu u proizvodnji ulja.

3.1. PREDPRIPEMA ULJA – DEHIDRIRANJE

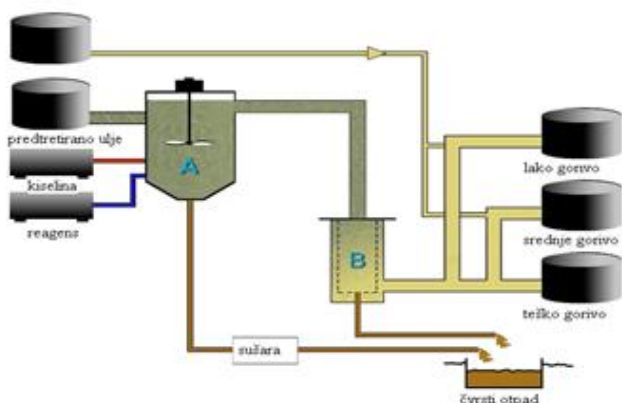
Voda se nalazi u ulju kao slobodna voda ili kao namenska voda, npr. u emulzijama. Pod terminom dehidriranje, podrazumeva se najčešće uklanjanje slobodne vode. Šema postrojenja za uklanjanje vode iz otpadnog ulja data je na slici 1. Tamo gde je voda u stanju emulzije sa uljem, emulzija se mora razbiti sa deemulzijskim sredstvima, da bi se mogla razdvojiti voda od ulja. Uklanjanje vode je u suštini veoma prost proces, koji se sastoji u odvajanju faze vode od faze ulja pod uticajem sile gravitacije. Otpadno ulje, u daljem tekstu ulje, se smešta u rezervoare (sirovo upotrebljeno ulje), i slobodna voda pada na dno (zbog razlike u gustini), gde se vrši njena drenaža, zatim prečišćavanje i ispuštanje u kanalizaciju ili neko drugo mesto, zavisno od kvaliteta i regulativa. Zagrevanjem i mešanjem ulja u sudu A i uklanjanjem vode i putem isparavanja može se ubrzati proces uklanjanja vode. Ovako "osušeno" ulje postaje pogodno za dalju preradu ili upotrebu kao gorivo [6,7].



Slika 1. Šema postrojenje za uklanjanje vode iz otpadnog ulja [4]

3.2 FILTRIRANJE I DEMINERALIZACIJA ULJA

Svrha filtriranja i demineralizacije jeste da se uklone neorganske materije i određeni aditivi iz ulja da bi se dobilo čistije ulje za proces sagorevanja ili osnova za rerafinisanje ulja. Šema postrojenja za filtriranje i demineralizaciju ulja data je na slici 2. Ulje se prebacuje iz skladišta u reaktor A, gde se meša sa malom količinom sumporne kiseline i zagreva se na temperaturu oko 60° C. Površinski aktivan hemijski reagens, "surfaktant" se dodaje u reaktor A i posle mešanja se smeša ostavlja da miruje. Reagens zatim omogućava nečistoćama da se natalože na dnu suda u vidu tečnosti da se drenažom izbace napolje. Ova kašasta faza, koja se izbacuje, sadrži zagađujuće supstance poput kiseline, i zagađivače kao što su primese metala i neki aditivi iz ulja. Kada voda ispari, i ostane samo čvrst otpad, on se mora propisno ukoniti. Demineralizovano ulje se zatim filtrira u filteru B, gde se uklanjaju fine nečistoće koje se odvođe u čvrsti otpad. Tako tretirano ulje se odvođi u rezervoare kao čisto gorivo. Ono može biti razblaženo, odnosno "presečeno" lakšim naftnim derivatima da bi se dobili produkti u rasponu od srednjih do lakih uljnih derivata, zavisno od potrebnog viskoziteta gorionika [5,6].



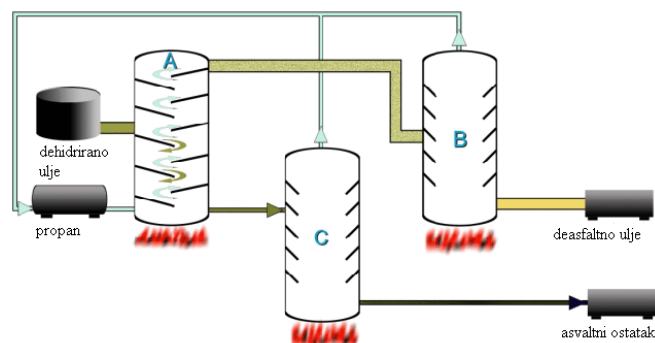
Slika2. Šema postrojenja za filtriranje i demineralizaciju ulja [4]

3.3 PROPANSKA DEASFALTIZACIJA ULJA

Propansko deasfaltiranje ulja (PDA) je veoma važan predpreradni postupak u procesu rerafiniranja, kojim se dobija deasfaltizovano uljno mazivo, koje je osnova za dalji postupak u rerafinisanju. Šema postrojenja za propansku deasfaltizaciju ulja data je na slici 3. Ostali proizvodi u ovom procesu, koji je takođe sirovina u ovom postupku, je propan, koji se dobija iz sudova B i C i upotrebljava u procesu.

PDA proces se oslanja na većoj topljivosti parafinskih i naftenskih komponenti (koje su osnova ulja) u odnosu na zagađujuće komponente u struji propana. Odvajanje ulja za podmazivanje iz otpadnog ulja je neprekidan postupak i sprovodi se na odgovarajućoj temperaturi za ovaj proces. Ulje se upumpava u sredinu ekstrakcije kolone A. Tečni propan se uvodi sa dna kolone A. Ulje budući da je teže od propana, teče na dno kolone A; propan se uzdiže u suprotnom smeru i shodno tome se meša sa uljem u koloni A. Propan u uzgonu rastvara više topljive uljne sastojke, koje bivaju nošene na vrh kolone A zajedno sa propanom, a materije rastvorene u propanu se uklanjaju sa dna suda A. Propan isparava iz obe struje, deasfaltizovane struje mazivog ulja u B i otpadna struje u C, zatim se kondenzuje i vraća u sud za skladištenje

propana. Deasfaltizovana komponenta mazivog ulja se šalje u sledeći stadijum obrade. Otpadna komponenta se meša sa težim komponentama vakumske destilacije i dobija se asfaltni, materijal [6,7].



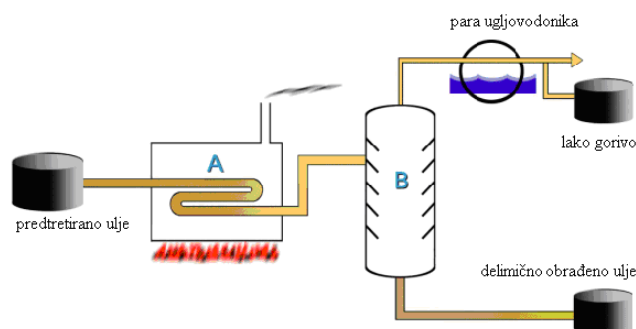
Slika3. Šema postrojenja za propansku deasfaltizaciju [4]

3.4 DESTILACIJA

Destilacija je fizičko odvajanje komponenti ulja za podmazivanje na osnovu temperature ključanja. Zavisno od vrste destilacije, visina temperature ključanja može da proizvede gas i benzin na nižim temperaturama ključanja ili teška uljaza podmazivanje na višim temperaturama ključanja. Destilacija je ključni proces u postrojenjima za proizvodnju rerafinisanih baznih ulja ili čistih baznih ulja. Postoje dve vrste destilacije, atmosferske i vakuumske [6,7].

3.5 ATMOSFERSKA DESTILACIJA

Atmosferska destilacija se najčešće, ali ne i uvek, nalazi kao predpostupak za vakuumsku destilaciju i ne zahteva dehidrirano ulje za dalju obradu. Šema postrojenja za atmosfersku destilaciju data je na slici 4.



Slika4. Šema postrojenja za atmosfersku destilaciju [4]

Atmosferska destilacija se vršina normalnom atmosferskom pritisku i na temperaturi od 300°C. Pre atmosferske destilacije, ulje može proći kroz postupak PDA, ali ovo nije i neophodan uslov. Atmosferska destilacija je relativno prost postupak odvajanja tečnosti na nižoj temperaturi ključanja na pritisku okoline. Ulje se greje u sudu A i šalje u destilacione kolone oznašene sa B. Ugljovodnici niže temperature ključanja, koji su prisutni u ulju (npr. gasovi, benzin i rastvarači) i voda se skupljaju na vrhu kolone B. Neki od ovih ugljovodnika se mogu izdvojiti i koristiti kao gorivo u procesu rafinisanja. Ovaj postupak je pogodan samo za temperature do 300° C, jer iznad ove temperature dolazi do postupka "termičkog krekovanja" većih molekula ugljovodnika sa većom temperaturom ključanja kao što su i molekuli mazivog ulja koje želimo ovim postupkom povratiti. Posle atmosferske destilacije ulje ulazi u postupak

vakuumske destilacije. Važno je napomenuti da ulje može ići u postupak vakuumske destilacije direktno posle postupka "sušenja" bez da prolazi kroz atmosfersku destilaciju. Međutim, opšte je mišljenje da voda i komponentni ugljovodoniči niže temperature ključanja se uklanjaju prevashodno vakuumskom destilacijom [6,7].

3.6 VAKUMSKA DESTILACIJA

Vakuumska destilacija se smatra ključnim postupkom u rerafinisanju otpadnih ulja. Ukoliko se koristi u kombinaciji sa postupkom atmosferske destilacije, ulje sa atmosferske destilacije se šalje direktno na dalju obradu u kolonu za vakuumsku destilaciju. U vakuumskoj destilaciji ulje koje ulazi u postupak destilacije može biti razdvojeno na proizvode jako sličnih tački ključanja, čime se dobija kao proizvod bazno ulje boljih fizičkih osobina. Najbitnije fizičke osobine koje se ovim postupkom kontrolišu su viskoznost, tačka paljenja i garavost. Viskoznost baze mazivog ulja je određena viskoznošću destilata pri separaciji njegovih relativnoj viskoznosti, npr. lako, srednje i teško ulje. Napajano ulje (obično iz pogona atmosferske destilacije) se greje u peći i teče kao smeša tečne i parne faze u zagrejanu vakuumiranu destilacionu kolonu gde parna faza počinje da se uzdiže a tečna da pada. Vodena para može biti dodata da potpomaže isparavanje. U koloni se održava vakuum (2-10 mm Hg) pomoću sistema povezanog na vrhu kolone [6,7].

Smanjivanjem pritiska, supstance koje bi normalno ključale na 540°C pri atmosferskom pritisku, mogu da isparavaju bez termičkog krekovanja. Kako se vrela isparenja penju kroz kolonu, ona se hlade i neka se kondenzuju u tečnost i vraćaju nazad u kolonu. Slično, neka od donjih tečnosti ponovo isparavaju u kontaktu sa parom. Posebne tvorevine u kolonama dozvoljavaju da se ovo kretanje pare nagore i tečenje tečnosti na dole vrši neprekidno. Na različitim pozicijama u koloni, specijalna korita, zvana crpna korita, su nameštena tako da dozvoljavaju uklanjanje tečne faze. Ako su potrebne tri frakcije ulja, da bi se dobilo lako, srednje i teško bazno ulje, onda se odgovarajuće nameštaju tri crpna korita. U nekim slučajevima se nameštaju samo dva. Neke od supstanci ne ključaju uopšte, čak i pod uslovom vakuuma. One ostaju u vakuumskoj koloni i izlaze iz klone sa njenog dna. Tu se sadrže najteži molekuli, uključujući i neke aditive za maziva ulja i supstance koje nisu bile uklonjene u PDA postupku.

ZAKLJUČAK

Na osnovu prethodnog prikaza tehnologija reciklaže otpadnih ulja i njihovom analizom može se zaključiti da se trenutne tehnologije reciklaže mogu poboljšati primenom automatizacije procesa i nadzora, kao i da je reciklaža primenom mikrotalasne pirolize (kombinacije mikrotalasa i aktivnog uglja) efikasnija od procesa filtriranja i demineralizacije.

Proces demineralizacije i filtracije se odvija na temperaturama iznad 550° C za šta se koristi velika količina energije i kao nus proizvod dobijaju se derivati sulfaktanta koji su toksični, dok se primenom mikrotalasne pirolize troši daleko manja količina energije postupak je brži a dobijene čvrste faze se mogu dalje prerađivati bez opasnosti po životnu okolinu.

Mikrotalasna piroliza je trenutno najzastupljenija metoda i ima trend da potisne sve dosadašnje metode recikliranja otpadnog ulja ne samo u pogledu kvaliteta prerade već i u količini utrošene energije za preradu otpadnog ulja. Procesom mikrotalasne pirolize dobijaju se laki ugljovodoniči koji se odmah mogu koristiti bez dalje prerade bilo za dobijanje energije ili za dobijanje drugih uljanih derivata.

LITERATURA

- [1] Z. Isoski, D. Todić D. Petrović, *Upravljanje otpadnim uljima u propisima Evropske unije i Republike Srbije*, Victoria Consulting, 2010.
- [2] *Zakon o upravljanju otpadom*, Službeni glasnik RS, br. 36/2009, 88/2010 i 14/2016.
- [3] *Pravilnik o uslovima, načinu i postupku upravljanja otpadnim uljima*, Službeni glasnik RS, br. 71/2010.
- [4] P. Djekić, D. Temeljkovski, M. Banić, S. Nusev, *Razvoj sistema za recikliranje otpadnog ulja primenom TRIZ metode*, IMK-14 Istraživanje i razvoj, 2010, br. 34 1/2010., str. 54 – 64.
- [5] Australian Government Department of Environment and Heritage, *Used Oil Recycling*, <http://www.environment.gov.au>
- [6] American Petroleum Institute, *Used Motor Oil Collection and Recycling*, <http://www.api.org>.
- [7] M. Trumić, N. Čalić, Lj. Andrić, M. Ignjatović, *Reciklažne tehnologije i održivi razvoj*, XIX Simpozijum o pripremi mineralnih sirovina, Topola, Oplenac, Srbija, pp. 257-265, 2004.

IZRADA PLASTIČNE SPOJNICE ADITIVNOM TEHNOLOGIJOM PLASTIC COUPLING MANUFACTURING USING ADDITIVE TECHNOLOGY

Miloš Ristić, *Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Aleksandra Pejčić, *Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj – Aditivne tehnologije su u slučajevima kada je potrebno izraditi izrazito malu količinu proizvoda, kao što je komponenta koja je otkazala, veoma uspešne. U ovom radu biće prikazan postupak izrade nedostajuće plastične spojnice. Kako je došlo do prestanka rada dela koji je specifične geometrije i ne može se brzo i lako naručiti od strane dobavljača, neophodno je bilo snimiti model, kako bi se dobila geometrija modela sa njegovim dimenzijama. Upotrebom CAD alata kreiran je 3D model proizvoda. Plastična spojnica je zapravo sklop (sastavljen iz 3 pozicije) koji se nakon modeliranja izvozi u STL formatu. Takav fajl obezbeđuje jednostavan postupak izrade na 3D štampaču. Izrađeni deo je zadovoljavajuće geometrije i čvrstoće, tako da može izvestan vremenski period da obavlja funkcionalne zahteve.

Ključne reči: Aditivne tehnologije; 3D štampa; Plastična spojnica.

Abstract - Additive technologies are very successful, in cases where it is necessary to produce an extremely small quantity, such as in cases when the part failed. This paper presents a method for manufacturing a missing plastic coupling. Since the part that failed is of specific geometry and can not be quickly and easily ordered from the supplier, it was necessary to scan the model, in order to obtain the model geometry with its dimensions. Using CAD tools, a 3D model of the product was created. Plastic coupling is actually an assembly (consisting of 3 items) which is, after modeling, exported in STL format. Such a file enables a simple manufacturing process using 3D printer. Made part is of a satisfactory geometry and strength, so that it can, for a certain period of time, fulfill the functional requirements.

Key words: Additive technologies; 3D Printing; Plastic coupling.

1. UVOD

Eksploatacioni uslovi često mogu dovesti do otkazivanja pojedinih komponenti određenog proizvoda [1]. Na taj način proizvodni proces se nalazi van svoje funkcije. Kako je težnja da se što hitnije uspostavi rad, odnosno da se uspostavi funkcionisanje sistema, neophodno je najčešće izvršiti reparaciju, popravku ili nabavku određene komponente ili celog sistema [2]. U slučaju otkazivanja delova koji su nestandardnih dimenzija, ili delova koji su posebno projektovani za određeni sistem, problem ponovne izrade ili nabavke je obično dugotrajan, a neretko i skup. U slučaju otkazivanja jedne komponente, kao što je plastična spojnica koja se trenutno ne može nabaviti, postavlja se pitanje izbora optimalne tehnologije izrade [3, 4]. Glavni parametri za analizu tehnološkičnosti biće vreme i troškovi izrade, jer uslovi funkcionisanja sistema zahtevaju da sistem u što kraćem vremenskom periodu bude ponovo uspostavljen uz što manje troškove. U ovom radu biće prikazan postupak analize tehnološkičnosti izrade nedostajućeg dela, sa aspekta vremena i troškova izrade. Kako je savremena proizvodnja zasnovana na CAPD sistemima koji integrišu CAD model sa CAM tehnologijama [5], u nastavku rada biće objašnjen proces konstruisanja i modeliranja nedostajućeg mašinskog elemen-

ta. Dobijanjem CAD modela postavlja se osnova za izradu proizvoda brzim proizvodnim tehnologijama kao što su aditivne tehnologije [6]. Kako je 3D štampa najčešće primenjena aditivna tehnologija, u nastavku rada biće prikazan postupak izrade nedostajuće plastične spojnice na 3D štampaču. Pravilnim pozicioniranjem 3D modela u prostoru predviđenom za izradu proizvoda, kao i prevođenjem modela u STL fajl, stvorena je osnova za generisanje G koda koji upravlja štampačem [7]. Na kraju, prikazom utrošenog materijala i vremena potrebnog da se deo izradi, zaključuje se da je 3D štampa optimalni tehnološki postupak izrade u slučaju otkazivanja plastične spojnice.

2. ANALIZA TEHNOLOŠKOSTI PROIZVODA

Postoji veliki broj proizvodnih procesa koji se karakterišu raznovrsnim operacijama i zahvatima i na taj način uspevaju da odgovore zahtevima konstrukcije. Svaki metod izrade ima svoje prednosti i nedostatke zbog čega se ne može izabrati jedna univerzalna metoda izrade za sve proizvode, već se analizom tehnološkičnosti dolazi do optimalne metode ili tehnološkog postupka. U cilju odabira odgovarajućeg procesa proizvodnje određenog proizvoda, neophodno je pronaći potrebne karakteristike tog proizvoda sa mogućnostima procesa.

Substraktivni procesi obrade su oni kod kojih se do željenog modela proizvoda dolazi skidanjem (uklanjanjem) materijala sa priprema. Ovaj tip obrade obuhvata većinu procesa mašinske obrade: glodanje, struganje, bušenje, sečenje, sečenje laserom, vodenim mlazom, elektroeroziona obrada žicom (EDM), itd. Kod formativnih procesa obrade, čvrst ili polučvrst materijal se plastičnim deformisanjem ili livenjem osnovnog materijala dovodi u željeni oblik proizvoda. U formativne procese obrade spadaju: livenje, savijanje, kovanje, livenje pod pritiskom, itd. Zajednička karakteristika ova dva tipa procesa je da se za obradu koristi jedan ili više alata, kao i jedna ili više alatnih mašina. Aditivni procesi obrade [6] su bazirani na spajanju čestica ili slojeva materijala u cilju dobijanja željenog oblika finalnog proizvoda. Proces aditivne proizvodnje AM (engl. *Additive Manufacturing*) ne koriste alate, niti zahtevaju posebno podešavanje mašine, pa je vreme pripreme proizvodnje skraćeno, te se ove tehnologije nazivaju i RP – brze proizvodne tehnologije (engl. *Rapid Prototyping*) ili direktne proizvodne tehnologije (engl. *Direct Manufacturing*). Karakteristika ovih tehnologija je da fizički objekat, odnosno finalni proizvod nastaje dodavanjem određenog materijala sloj po sloj sve do potpunog završetka procesa izrade, pri čemu ne postoji početni materijal, već oblikovanje počinje “od nule”.

Na primeru plastične spojnice biće izvršena analiza tehnološkičnosti proizvoda. U tabeli 1, prikazani su najvažniji parametri proizvoda, sagledani sa aspekta dostupnog tehnološkog postupka.

Tabela 1. Analiza tehnološkičnosti posmatranog proizvoda.

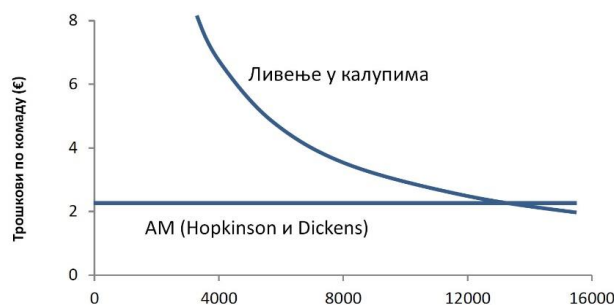
parametar	kriterijum	struganje	livenje	3DP ¹⁾
složenost geometrije	1 – 10	7	6	8
jednostavnost izrade	1 – 10	2	7	10
tačnost izrade	1 – 10	10	9	8
površinska hrapavost	1 – 10	10	9	7
vreme izrade	h	20	35	3
cena	€	220	2.000	35

¹⁾ za 3D štampač: Pangu I3-C

Plastična spojnica je deo koji nema elemente slobodne forme, te je kao takav manje složene geometrije. Dodatnu težinu ostvaruju 3 elementa koja čine ovaj sklop i koja su međusobno povezana navojem, pa uslovi funkcije i montaže (demontaže) moraju biti ostvareni. Geometriju je najlakše izraditi tehnologijom 3D štampe koja gotovo da nema ograničenja po tom kriterijumu. Kako su dva glavna parametra za ocenu tehnološkičnosti vreme i cena, primetno je da će 3D štampa biti optimalna tehnologija za izradu plastične spojnice (za količinu od 1 komada). Pri tom, najveći deo troškova odlazi na amortizaciju mašine, dok je utrošak materijala ispod 1€.

Hopkinson i Dickens [4] procenjuju godišnju cenu mašine po proizvedenom delu, kada se smatra da mašina u potpunosti više nije upotrebljiva nakon osam godina; odnosno, to je zbir troškova amortizacije po godini i cena održavanja mašine po godini podeljena obimom proizvodnje. Rezultat je

cena mašine po delu, koja je konstantna tokom vremena, kako je prikazano na slici 1, takođe se može videti poređenje sa livenjem pod pritiskom. Razlog ovakvom opadanju troškova livenih komponenti tome leži u visokim inicijalnim troškovima kalupa za livenje, dok je sam odlivak daleko jeftiniji.

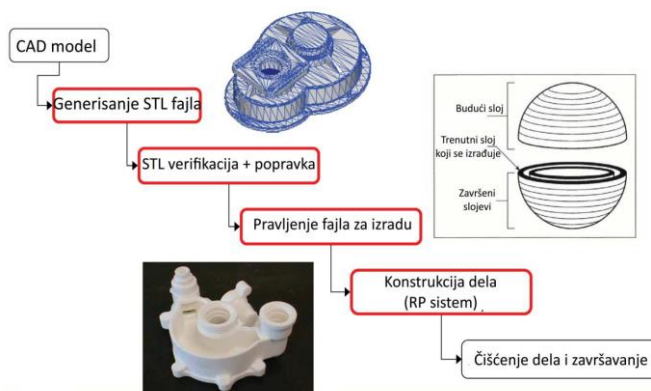


Slika 1. Model cene proizvoda u slučaju aditivne proizvodnje i livenja u kalupima, prema [4].

3. ADITIVNE TEHNOLOGIJE

Aditivne tehnologije koriste virtualne modele izrađene u odgovarajućem CAD softveru, čime se dobija površinski ili solid model sa odgovarajućom geometrijom i zapreminom. Izrađeni model se zatim konvertuje u STL fajl format koji aproksimira površinu modela povezujući tri najbliže nekolinearne tačke modela u veoma male trouglove. U slučaju da model poseduje izrazito zakrivljene površine, onda se broj trouglova, potrebnih da bi se opisao i definisao model, znatno uvećava. Istovremeno, zapremina modela se transformiše u tanke slojeve. Dešava se da STL fajlovi budu neispravni zbog grešaka u modeliranju ali i usled nesavršenosti CAD-STL interfejsa pa se mogu javiti geometrijske greške tipa: praznine (pukotine, otvori) tj. nedostajući poligoni, preklapajući poligoni ili degenerisani poligoni gde su ivice poligona kolinearne, kao i višeznačnost u topologiji. Ovi nedostaci se najčešće ručno otklanjaju i prilagođavaju RP softveru mašine koji generiše seriju poprečnih preseka pomoću algoritma za isecanje (engl. *slicing algorithm*). Redosled koraka pri izradi proizvoda aditivnim tehnologijama prikazan je na slici 2 [8].

Izrada proizvoda se vrši sukcesivnim slaganjem slojeva, na osnovu definisane geometrije, čime se dobija kompletan predmet odnosno proizvod. Kao i kod ostalih procesa obrade, početni korak u izradi proizvoda je izbor materijala. Početno stanje materijala može biti čvrsto, tečno ili gasovito.



Slika 2. Tok izrade proizvoda RP tehnologijom.

Kod aditivnih tehnologija, vreme izrade konačnog proizvoda i kvalitet njegove površine zavisi, pored izabrane tehnologije, i od orijentacije modela u radnom prostoru mašine. Kod zakrivljenih površina, usled slojevite prirode gradnje modela, dolazi do pojave efekta stepenica što takođe utiče na kvalitet površine [6]. U slučaju geometrijskog modela poprečni presek se kontinuirano menja, ali prilikom proračuna poprečnih preseka koji odgovaraju sukcesivnim slojevima prototipa, dolazi do diskontinuiteta u njihovoj veličini, koji se manifestuje u obliku stepenica.

Kod izrade proizvoda upotrebom aditivnih tehnologija, u zavisnosti od njegovog oblika i geometrije, nije moguće obrazovati odmah čvrst model koji je sposoban da nosi gornje slojeve materijala. Ovaj problem je zastupljen prilikom izrade proizvoda koji imaju viseće elemente, koji nemaju odgovarajući oslonac a u toku izrade se ne može postići njihova dovoljna krutost. Zbog toga se, prilikom izrade, dodaju noseće ili žrtvovane strukture čiji je zadatak sprečavanje deformacije visećih elemenata ili njihovih delova. U nekim slučajevima se noseća struktura postavlja između platforme i modela kako bi se kasnije olakšalo odvajanje prototipa od platforme. Materijal noseće strukture često nije istih karakteristika kao materijal prototipa, već je obično slabiji kako bi se olakšalo njegovo uklanjanje tokom naknadne obrade [6], mehaničkim putem ili pomoću odgovarajućih rastvarača. Pri projektovanju proizvoda, kao i pri odabiru odgovarajuće aditivne tehnologije, treba voditi računa o tome da predimenzionisane noseće strukture povećavaju vreme izrade, a da nedovoljno čvrste strukture ili njihovo nepostojanje, dovode do urušavanja predmeta izrade.

4. TEHNOLOGJA 3D ŠTAMPE

Jedan od široko upotrebljivanih procesa izrade trodimenzionalnih proizvoda je 3D štampa, koja je bazirana na formiranju finalnog proizvoda korišćenjem FDM (Fused Deposition Modeling) ili FFF (Fused Filament Fabrication) tehnologije. FDM je aditivna proizvodna tehnologija, često korišćena za izradu prototipova, a radi na principu dodavanja materijala u slojevima. Ova tehnologija je bazirana na trodimenzionalnom CAD modelu proizvoda koji se procesira kao STL fajl, matematički izračunava i postavlja odgovarajuću orijentaciju za proces izrade. Ako je potrebno, automatski se dodaje i konstrukcija za fiksiranje odnosno noseće ili žrtvovane strukture. Materijal koji se koristi za izradu finalnog proizvoda je termoplastika koja se doprema u glavu (ekstruder), gde se topi na određenoj temperaturi. Ekstruder se kreće po putanji potrebnoj radi pravilnog nanošenja slojeva, koja je definisana CAD modelom. Materijal se nanosi po slojevima od dna predmeta izrade ka vrhu, određene debljine, u zavisnosti od karakteristike samog 3D štampača. Podloga na koju se nanosi materijal u slojevima mora biti zagrejana do određene temperature, kako bi početni slojevi predmeta izrade bili stabilni [8]. Delovi koji imaju unutrašnje otvore sa horizontalnim površinama teško se izađuju FDM tehnologijama jer ne postoji način za otklanjanje noseće strukture.

5. MODELIRANJE PROIZVODA

U toku rada, došlo je do otkaza komponente – plastične spojnice, koja se trenutno ne može nabaviti. Zbog potrebe za stavljanjem u funkciju ove komponente što pre, odlučeno je

da se na osnovu parametara izradi odgovarajuća spojnica. Plastična spojnica (Slika 4) je sklop koji se sastoji od tri dela.



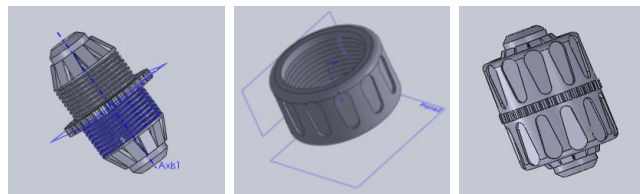
Slika 4. Plastična spojnica

Parametri spojnice i zavrtnjeva su određeni njihovim merenjem odgovarajućim mernim instrumentima (Slika 5). Dužina spojnice je 46 mm, najveći prečnik je 33 mm, najmanji prečnik je 14 mm, dok je srednji prečnik 27 mm sa navojem M 27x1,5. Telo spojnice ima i 12 zubaca dimenzija 8x4 mm. Spoljašnji prečnik zavrtnja je 33mm, unutrašnji prečnik je 26 mm, dok je dužina 17 mm sa unutrašnjim navojem.



Slika 5. Određivanje parametara plastične spojnice

U prvoj fazi izrade potrebnog sklopa – plastične spojnice, na osnovu određenih parametara, upotrebom odgovarajućeg CAD softvera, izrađeni su 3D modeli delova sklopa [9]. Upotrebom odgovarajućih relacija, delovi su spojeni u sklop, što je i prikazano na slici 6.



Slika 6. 3D modeli delova i sklopa plastične spojnice [9].

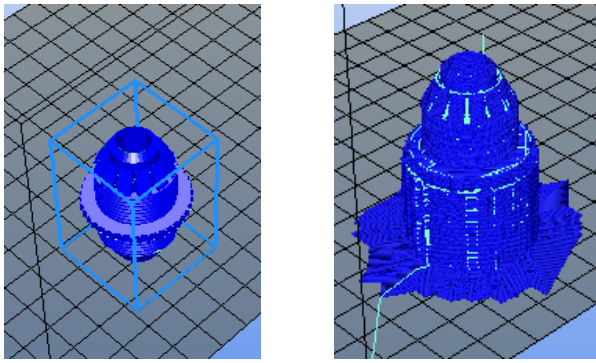
6. IZRADA PLASTIČNE SPOJNICE NA 3D ŠTAMPAČU

Nakon izrade 3D modela sklopa, isti je izvežen kao STL fajl, za potrebe izrade sklopa na 3D štampaču. S obzirom da se radi o sklopu koji sadrži tri dela, softver je izvežao tri STL fajla, jedan za spojnicu i po jedan za zavrtnjeve. Izvezeni STL fajlovi se uvoze u specijalizovani softver (Slika 7 levo) koji, na osnovu toga, generiše G kod, koji se zatim preko USB veze šalje 3D štampaču.

G kod predstavlja niz programskih redova koji sadrže neophodne informacije o poziciji izradka, načinu izrade i dr., u cilju ispravne izrade zadatog proizvoda. Tokom generisanja G koda, softver je za izradu spojnice automatski dodao noseću strukturu radi čvršće i tačnije izrade (Slika 7 desno), dok za izradu zavrtnjeva noseća struktura nije bila potrebna.

Ova struktura je samo oslonac tokom izrade koji ima malu gustinu materijala, kako bi se nakon završetka, uklonila mehaničkim putem [8].

Nakon generisanja G koda, softver omogućava prikaz parametara postupka 3D štampe za spojnicu (Slika 8 levo) i zavrtnj (Slika 8 desno), gde se može videti procenjeno vreme izrade, broj slojeva, kao i potrebna količina materijala.



Slika 7. Prikaz modela u specijalizovanom softveru (levo) i prikaz modela sa nosećom strukturom (desno).

3D štampač počinje se relizacijom zadatog G koda, pozicioniranjem u koordinatni početak i podešavanjem temperature ekstrudera i podloge.

Printing Statistics

Estimated Printing Time:	1h:12m:40s
Layer Count:	243
Total Lines:	173928
Filament needed:	1976 mm

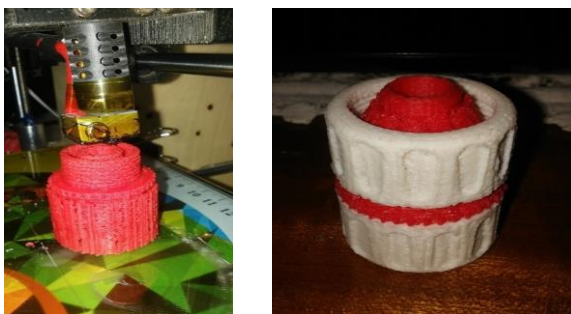
Printing Statistics

Estimated Printing Time:	28m:11s
Layer Count:	85
Total Lines:	59906
Filament needed:	801 mm

Slika 8. Parametri procesa 3D štampe spojnice (levo) i zavrtnja (desno).

Za potrebe izrade spojnice i zavrtnjeva, podešeno je da temperatura ekstrudera bude 220 °C, dok je temperatura podloge 70 °C. Delovi se kreiraju upotrebom FDM, odnosno FFF tehnologije po principu dodavanja ABS plastike u slojevima, sloj po sloj. Vršni se ravnomerno dodavanje sloja materijala po spoljašnjoj konturi kao i ispunjena unutrašnjosti (Slika 9 levo). Nakon završetka procesa izrade, ekstruder se automatski vraća u početni položaj, a izrađeni deo se ručno odstranjuje sa podloge.

3D štampač koji je korišćen za izradu prikazane plastične spojnice je Pangu I3-C [7] koji služi za izradu manje zahtevne geometrije 3D modela, pa se njime izrađuju proizvodi koji ne zahtevaju povećanu tačnost.



Slika 9. Tok izrade spojnice sa nosećom strukturom (levo) i izrađen finalni proizvod plastična spojnica (desno)

Nakon izrade spojnice i zavrtnjeva na 3D štampaču, finalni proizvod – plastična spojnica, je formiran spajanjem delova u jedan sklop (Slika 9 desno).

Međutim, jedna od karakteristika ovog procesa je i moguća pojava skupljanja i krivljenja predmeta u toku izrade jer se istopljeni osnovni materijal ekstrudira kroz ekstruder i hladi pri deponovanju na podlogu, pri čemu se, usled brzog hlađenja, javljaju naponi koji naprežu model.

7. ZAKLJUČAK

Aditivne tehnologije su se, od postupaka za izradu prototipova razvile u postupke kojima se mogu izrađivati i krajnji (gotovi) proizvodi. Jednostavnost izrade obezbeđena je visokom integracijom CAD/CAM/CAPP sistema, a glavni nedostatak ovih tehnologija ogleda se u visokoj ceni izrade pri serijskoj proizvodnji. Zbog toga je ova tehnologija za takvu proizvodnju, za sada, ekonomski neisplativa, ali se očekuje da njena cena vremenom bude prihvatljivija.

Prilikom otkazivanja neke komponente sistema, koju je nemoguće nabaviti, aditivne tehnologije mogu u velikoj meri ostvariti ogromnu uštedu i u ceni, a posebno u vremenu potrebnom da se proizvod izradi.

Jednostavnost izrade plastične spojnice na 3D štampaču ogleda se u direktnoj izradi proizvoda na osnovu 3D modela i STL fajla. Pri tom, vreme izrade iznosilo je 72 minuta za spojnicu i 28 minuta za zavrtnj, što je daleko manje od bilo koje druge tehnologije. Utrošeni materijal od 3578 mm žice predstavlja utrošak od oko 25 cm³ materijala (ABS), tako da su troškovi utrošenog materijala manji od 0,1€. Ipak ukupni troškovi uzimaju u obzir radni vek, amortizaciju štampača, pa je zbog toga procenjena ukupna cena proizvoda 35€.

Na kraju, tehnologija 3D štampe se pokazala kao optimalan izbor za izradu nedostajuće plastične spojnice. Kvalitet hrapavosti površina, zahtevana tačnost izrade i čvrstoća bile su u zahtevanim granicama. Postoje brojni drugi kvalitetniji uređaji koji obezbeđuju kvalitet blizak originalnim komponentama, ali su njihove cene veće. Čak i u tim slučajevima, za izradu 1 komada, ove tehnologije imaće prednost.

LITERATURA

- [1] J. Nolen, *Computer-Automated Process Planning for World-Class Manufacturing*, CRC Press, Marcel Dekker, Inc. 1989.
- [2] J. Collins, H. Busby, G. Staab, *Mechanical Design of Machine Elements and Machines: A Failure Prevention Perspective*, John Wiley & Sons Inc., 2010.
- [3] M. Ristić, *Projektovnje proizvoda sa aspekta tehnološkičnosti*, Magistarski rad, Niš: Mašinski fakultet u Nišu, 2012.
- [4] N. Hopkinson, P. Dickens, "Analysis of Rapid Manufacturing – Using Layer Manufacturing Processes for Production", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C : Journal of Mechanical Engineering Science*, Vol. 217(C1), pp. 31-39. 2003.
- [5] Devedžić, G., 2006. *CAD/CAM tehnologije*, Kragujevac: Mašinski fakultet u Kragujevcu.
- [6] M. Trajanović, N. Grujović, J. Milovanović, V. Milivojević, *Računarski podržane brze proizvodne tehnologije*, Mašinski fakultet u Kragujevcu, 2008.
- [7] Pangu I3-C 3D, *Printer user manual*, RP3D Tech Co.
- [8] M. Ristić, M. Pavlović, Ž. Simić, "Izrada cilindričnog kliznog ležaja tehnologijom 3D štampe", *Zbornik radova Visoke tehničke škole strukovnih studija u Nišu, VTŠ Niš*, 2015. god., str. 56-59.
- [9] A. Pejčić, *Izrada spojnice aditivnom tehnologijom*, Završni rad, VTŠ Niš, 2016.

ANALIZA PRIMENE POSTROJENJA ZA KOGENERACIJU NA GRADSKOJ DEPONIJU U NIŠU

ANALYSIS OF APPLICATION OF COGENERATION PLANT: CASE STUDY CITY OF NIŠ

Biljana Milutinović, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš*
Mladen Tomić, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš*

Sadržaj - Jedan od negativnih efekata odlaganja otpada na deponije je stvaranje deponijskog gasa, čije su komponente, metan (CH_4) i ugljen-dioksid (CO_2), gasovi koji izazivaju efekat staklene bašte i neophodno je smanjiti njihovo emitovanje u atmosferu. U danjašnje vreme razvijene su različite metode iskorišćenja deponijskog gasa, u cilju smanjenja njegove emisije u atmosferu i iskorišćenja energije iz deponijskog gasa. Na deponiju u gradu Nišu godišnje se odloži oko 65.348 t čvrstog otpada. Na osnovu ove količine i procenjene količine deponijskog gasa koji se generiše, urađena je analiza isplativosti instalisanja jednog postrojenja za kogeneraciju na niškoj deponiji.

Ključne reči: Deponijski gas. Kogeneracija. Finansijska analiza.

Abstract - One of negative effect of waste landfilling is the landfill gas generation, whose components, methane (CH_4) and carbon dioxide (CO_2) are greenhouse gases (GHG) and it is necessary to reduce their emission to the atmosphere. Nowadays, various methods of utilization of landfill gas in order to reduce its emissions to the atmosphere and the energy utilization of landfill gas are developed. In the City of Niš, around 65,345 t of solid waste were generated and landfilled. On the basis of this quantity and the estimated quantities of generated landfill gas, an analysis of the cost-effectiveness of installing a cogeneration plant at the Nis landfill was done.

Key words: Landfill gas. Cogeneration. Financial analysis.

1. UVOD

Stalni porast broja stanovnika kao i ubrzan tehnološki razvoj glavni su uzročnici generisanja sve veće količine čvrstog otpada [1]. Bez obzira na napore koji se ulažu da se smanji količina otpada koji se generiše, još uvek je značajna količina čvrstog otpada koji se svakodnevno odlaze na deponije.

Jedan od problema koji se javlja kao posledica odlaganja čvrstog otpada jeste stvaranje deponijskog gasa. Obzirom da se u sastavu deponijskog gasa u najvećoj količini nalaze gasovi koji izazivaju efekat staklene bašte (ugljendioksid i metan), ulažu se veliki naponi da se smanji njihovo emitovanje u atmosferu. Ovi naponi idu u dva pravca, jedan je da se različitim tretmanima otpada smanji količina otpada koji se odlaze na deponije, a time smanji količina deponijskog gasa koji se generiše. Drugi pravac zasniva se na činjenici da deponijski gas ima visoku energetska vrednost koja varira u zavisnosti od izvora u granicama 4,1 – 6,2 kWh/m³ [2]. Ovo je dovelo do razvijanja različitih metoda za iskorišćenje deponijskog gasa kao energenta [3-7].

U ovom radu je prikazana analiza mogućnosti i isplativosti korišćenja energetskog potencijala deponijskog gasa kroz izgradnju kogeneracionog postrojenja na gradskoj deponiji komunalnog otpada grada Niša. Nakon uvoda, u drugom poglavlju je analiziran proces stvaranja deponijskog gasa. U

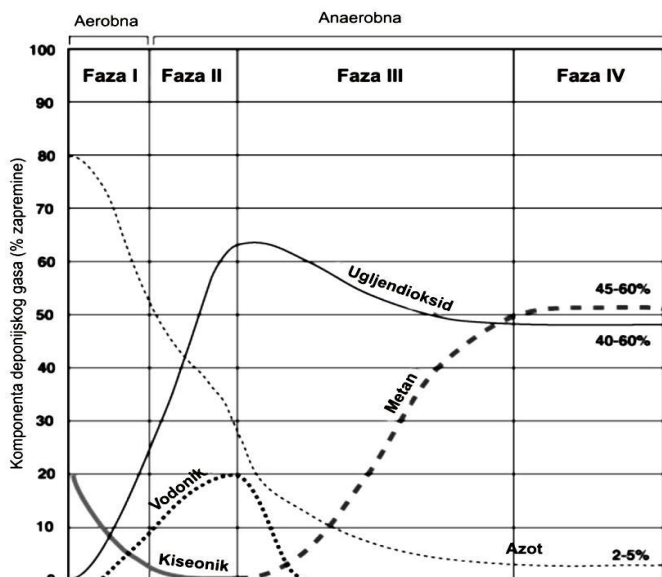
trećem poglavlju dat je pregled metoda koje se koriste za iskorišćenje deponijskog gasa za dobijanje energije. U četvrtom poglavlju predstavljena je analiza isplativosti korišćenja deponijskog gasa u postrojenju za kogeneraciju na gradskoj deponiji u Nišu u cilju dobijanja električne i toplotne energije.

2. PROCES STVARANJA DEPONIJSKOG GASA

Deponijski gas nastaje tokom prirodnog procesa bakterijske razgradnje organskih materija sadržanih u čvrstom komunalnom otpadu. Procesi koji doprinose formiranju deponijskog gasa su bakterijska razgradnja, volatilizacija i određene hemijske reakcije. S obzirom da se komunalni otpad većim delom sastoji od otpada organskog porekla, bakterije prisutne u deponiji razgrađuju otpad.

Prilikom stvaranja, deponijski gas prolazi kroz četiri faze [8]. Sastav deponijskog gasa se menja tokom svake od faza razgradnje. Obzirom da deponije obično prihvataju otpad u vremenskom periodu od 20 do 30 godina, istovremeno se delovi otpada nalaze u različitim fazama. Faze kroz koje otpad prolazi prilikom razgradnje su sledeće (slika 1):

- Faza I - aerobna faza
- Faza II - anaerobna faza, nemetanska
- Faza III - anaerobna, metanska, nestabilna
- Faza IV - anaerobna, metanska, stabilna.



Slika 1 Faze stvaranja deponijskog gasa [8].

Deponijski gas se sastoji od velikog broja komponenata od kojih su metan i ugljendioksid u najvećoj količini [8]. U tabeli 1 je prikazan tipičan sastav deponijskog gasa.

Tabela 1 Tipičan sastav deponijskog gasa [8].

Redni broj	Komponenta	Procentualni udeo (% zapremine)
1.	Metan	45 – 60
2.	Ugljendioksid	40 – 60
3.	Azot	2 – 5
4.	Kiseonik	0,1 – 1
5.	Amonijak	0,1 – 1
6.	Nemetanska organska jedinjenja	0,01 – 0,6
7.	Sulfidi	0 – 1
8.	Vodonik	0 – 0,2
9.	Ugljenmonoksid	0 – 0,2

Ključni podatak koji se često uzima prilikom poređenja postrojenja za iskorišćavanje deponijskog gasa je stepen ekstrakcije deponijskog gasa po toni otpada godišnje (m^3/t). Tačnu količinu ekstrahovanog deponijskog gasa nije moguće izračunati, već se procenjuje različitim metodama, jer količina deponijskog gasa zavisi od mnogo faktora, kao što su: sastav i količina otpada koji se deponuje, starost otpada, temperatura, sadržaj vlage itd.

Postoji nekoliko metoda za procenu količine deponijskog gasa na deponijama, od kojih neke zahtevaju minimalne informacije o određenom lokalitetu, za koji se vrši procena.

Prvi metod predstavlja jednostavnu procenu, čime se pretpostavlja da je stopa generisanja deponijskog gasa $0,0062434 m^3/kg$ otpada komunalnog čvrstog otpada godišnje. Stvarna vrednost može varirati $0,003122-0,009365 m^3/kg$ komunalnog čvrstog otpada godišnje. Tipična produkcija deponijskog gasa iz komunalnog čvrstog otpada može se nastaviti 20-25 godina nakon inicijalnog odlaganja otpada. Prema tome, koristeći ovaj metod produkcija deponijskog gasa se može kretati $0,0624-0,078 m^3/kg$ odloženog komunalnog čvrstog otpada –niska produkcija, do $0,187-0,234$

m^3/kg otpada odloženog komunalnog čvrstog otpada –visoka produkcija, sa prosekom $0,125-0,156 m^3/kg$ otpada.

Drugi metod [9] je model razlaganja prvog reda (first order decay model) koja uzima u obzir i vremenski aspekt (jednačina 1). Deponija može generisati gas i do 50 godina u zavisnosti od sastava komunalnog čvrstog otpada i vlage, iako tipična produkcija deponijskog gasa traje 20-25 godina. Izračunate vrednosti potencijala generisanje deponijskog gasa kreću se izmenu $0,21-0,24 m^3/kg$ odloženog komunalnog čvrstog otpada, u zavisnosti od količine prisutne vlažnosti. Što je veći sadržaj vlage veći je potencijal generisanja deponijskog gasa.

$$G = W L_o(e^{-kc} - e^{-kt}) \quad (1)$$

gde je: G – količina generisanog metana iz celokupne količine otpada koja je odložena na deponiju ($m^3 CH_4/god$); W – godišnja količina deponovanog otpada (t/god); L_o – prinos metana ($m^3 CH_4/t$); k – period raspada otpada ($1/god$); c – vreme od kada je prestalo odlaganje otpada; t – period godina od kada je deponija počela da prima otpad.

Produkcija deponijskog gasa uglavnom dostiže maksimum nakon tri do osam godina od odlaganja otpada, a zatim opada tokom godina. Deponije koje su zatvorene nekoliko godina pre nego što su izgrađena postrojenja za iskorišćavanje deponijskog gasa, sadrže uglavnom stariji otpad i imaju nižu stopu ekstrakcije deponijskog gasa nego tek zatvorene deponije.

3. NAČINI ISKORIŠĆENJA DEPONIJSKOG GASA

Do sada su razvijene različite metode iskorišćavanja deponijskog gasa u energetske svrhe i na taj način se postižu različiti benefiti: ušteda energije, zaštita životne sredine, zdravlja stanovništva itd.

Korišćenjem deponijskog gasa, sprečava se njegovo emitovanje u atmosferu, i dobijaju se razni oblici energije, uključujući električnu energiju, toplotnu energiju, alternativno gorivo za vozila itd.

U tabeli 2 dat je pregled broja postrojenja koja koriste deponijski gasa u proizvodnji energije [10].

Tabela 2 Postrojenja za proizvodnju energije iz deponijskog gasa [10].

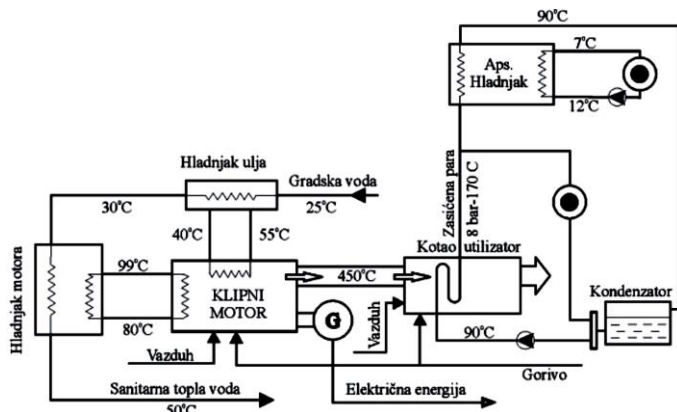
		Sektor			Ukupno
Komercijalni	Industrijski	Električna energija			
		Elektroprivreda	Nezavisni proizvođači		
3	93	10	81	187	

Postoji veliki broj različitih tipova postrojenja za iskorišćenje deponijskog gasa. Sistem za iskorišćavanje deponijskog gasa sastoji se od sistema za ekstrakciju i sistema za iskorišćavanje. Sistem za ekstrakciju deponijskog gasa se sastoji od vertikalnih ili horizontalnih perforiranih cevi. Gas se crpe iz deponija pomoću pumpe ili kompresora, a zatim se provodi u sistem za korišćenje deponijskog gasa.

Do sada je razvijeno nekoliko različitih tipova sistema za iskorišćavanje deponijskog gasa u energetske svrhe [11,12]: gasni motori, gasni kotlovi, direktna upotreba gasa (u ciglanama, cementarama), upotreba deponijskog gasa kao

prirodnog gasa, upotreba deponijskog gasa za isparavanje procednih voda, gorive ćelije, mikroturbine, sistemi za kogeneraciju (poligeneraciju).

Poligeneracija predstavlja spregnutu proizvodnju električne, toplotne i rashladne energije. Rashladna energija dobija se u apsorpcionim uređajima, tzv. ćilerima, u kojima se koristi toplotna energija koja se preko određenog apsorpcionog procesa konvertuje u rashladnu. Na taj način, omogućeno je potpunije iskorišćenje energije, jer se u periodu kada ne postoji potreba za toplotnom energijom može proizvoditi rashladna, i na taj način povećati ukupni stepen iskorišćenja. Uprošćena šema povezivanja sistema sa gasnim klipnim motorom na deponijski gas je data na slici 2.



Slika 2 Šema poligeneracijskog postrojenja.

U svetu danas postoji oko 1.150 postrojenja koja koriste deponijski gas za dobijanje energije. od toga oko 730 u Evropi, a 350 u SAD. Ukupni kapacitet svih postrojenja iznosi blizu 3.930 MW. Iako SAD nemaju veliki broj postrojenja, tamo su izgrađena najveća postrojenja po kapacitetu [11].

Neki od primera dobre prakse su deponija u Danskoj koja je počela sa radom 1980. godine i koja ima sistemi ekstrakcije od 40 vertikalnih cevi povezanih sa dve merne pumpe i regulacionim modulima, odakle se gas upumpava u tri sistema za iskorišćavanje. Jedan je gasni motor koji se nalazi na deponiji, i koji samo proizvodi električnu energiju. Ostala dva su postrojenja za kogeneraciju koja se nalaze u dva obližnja seoska mesta. Tri uređaja gasnih motora generatora svaki električne snage 350 kW i dva uređaja u seoskim mestima s toplotnom snagom 535 kW koriste se u sistemu centralnog grejanja.

Prvo postrojenje za proizvodnju električne energije od komunalnog otpada u Portugalu izgrađeno je na Seixal deponiji blizu Lisabona. Deponija je počela sa radom 1995. godine, dok je postrojenje za iskorišćenje deponijskog gasa počelo sa radom 2004. godine. Sastoji se iz dve ćelije koje povezane u ovakav sistem snage 1.7 MW.

Najveće postrojenje za iskorišćavanje deponijskog gasa u Danskoj, izgrađeno je na Odense deponiji 1997. godine. Sistem za ekstrakciju gasa sastoji se od 160 vertikalnih cevi i mreže od preko 25 km gasnog cevovoda. Gas se upumpava u postrojenje za kogeneraciju, koje se sastoji od tri uređaja gasnih motora generatora. Električna snaga svakog je 900 kW, a toplotna 1.300 kW.

Još jedan primer korišćenja deponijskog gasa za proizvodnju električne energije i redukciju emisije metana nalazi

se u Sloveniji, na gradskoj deponiji u Ljubljani gde je izgrađena termoelektrana sa četiri motora koje pokreće deponijski gas [5].

4. PRIMENA POSTROJENJA ZA KOGENERACIJU NA GRADSKOJ DEPONIJU U NIŠU

Gradska deponija u Nišu ima površinu oko 31 ha. Kako je širina uređenog prostora za odlaganje otpada oko 350 m a dužina je oko 750 m, može se predvideti da je prosečna dubina deponije oko 16 m.

Sastav i količina komunalnog otpada koja se na godišnjem nivou gneriše u gradu Nišu prikazana je u tabeli 3 [13].

Tabela 3 Sastav komunalnog otpada u gradu Nišu [13].

Frakcije otpada	Količina (t)	Maseni udeo (%)
Otpad od hrane	9.011,49	13,79
Papir	4.744,26	7,26
Karton	2.770,76	4,24
Pelene	2.287,18	3,50
Plastika	14.265,47	21,83
Tekstil	1.718,65	2,63
Guma	3.430,77	5,25
Koža	398,62	0,61
Otpad iz dvorišta	8.854,65	13,55
Staklo	3.522,26	5,39
Metal	1.058,64	1,62
Prašina, pepeo itd.	13.285,25	20,33
Ukupno	65.348,00	100,00

U tabeli 4 je dat uprošćena finansijska analiza ovakvog načina korišćenja deponijskog gasa.

Proračun je urađen za očekivanu količinu kaptiranog deponijskog gasa od oko 4400 m³ koja se očekuje od 2015. godine sa uobičajenih 50% metana. Pretpostavka je da se oko 10% proizvedene energije troši na sopstvenu potrošnju. Cena toplotne energije je cena zamenjenog teškog tečnog goriva koje se uobičajeno koristi za proizvodnju toplotne energije, a cena električne energije je cena koju operater trenutno plaća.

Proračunima nisu obuhvaćene elementi vezani za:

- značajne ekološke koristi zbog smanjenje emisije metana i ugljen dioksida u atmosferu a time i efekta staklene bašte;
- poboljšanje ekoloških uslova na deponiji (ograničavanje neprijatnog mirisa sa deponije) i koristi zbog smanjenje mogućih zdravstvenih rizika uništavanjem većine nemetanskih organskih komponenti i štetnih zagađivača vazduha koji doprinose pojavi smoga u lokalnoj zoni kao i smanjenju opasnosti od eksplozije uzrokovanih akumulacijom deponijskog gasa;
- koristi od smanjenja indirektnih emisija zbog zamene proizvodnje električne i toplotne energije nastale od fosilnih goriva, kao ni moguće koristi od promovisanja obnovljivih izvora energije i uvođenja čistih i energetski efikasnih tehnologija.

Tabela 4 *Finansijska analiza postrojenja za kogeneraciju na gradskog deponiji u Nišu.*

Količina deponijskog gasa	m ³ /h	220
Donja toplotna moć	kJ/m ³	17.500
Stepen korisnosti generator EE	%	35
Stepen korisnosti generator TE	%	40
Generisana električna snaga	kW	374
Generisana toplotna snaga	kW	428
Godišnje vreme rada	h	7.500
Godišnja proizvodnja EE	kWh	2.524.500
Godišnja proizvodnja TE	kWh	2.889.000
Cena električne energije	€/kWh	0,09
Cena toplotne energije	€/kWh	0,035
Ukupna godišnja ušteda	€	328.320
Investicije		
Projektovanje	10 ³ €	120
Transformatori	10 ³ €	55
Distributivni sistem 10-15 km	10 ³ €	500-750
Povezivanje na trafo stanicu	10 ³ €	100
Klipna gasna mašina	10 ³ €	620
Gorionik i prepravka instalacije	10 ³ €	30
Filtriranje i priprema gasa	10 ³ €	380
Ukupne investicije	10 ³ €	1.805-2.055
Troškovi održavanja	10 ³ €/god	40
Troškovi radne snage	10 ³ €/god	30
Period otplate	god	8

4. ZAKLJUČAK

Korišćenjem deponijskog gasa kao energenta u cilju dobijanja električne i toplotne energije u sistemima za kogeneraciju, ostvaruju se dodatne koristi, jer se redukuje emisija deponijskog gasa u atmosferu, a time se smanjuje i zagađenje životne sredine. To znači da ovakav vid korišćenja deponijskog gasa pored ekonomskog i energetskog potencijala ima i ekološku korist. Kogeneracioni sistemi mogu da igraju važnu ulogu u naporima Srbije za iskorišćenje svih raspoloživih izvora energije. Primenom ovih sistema u Srbiji bi se proizvodnja toplotne energije uvećala tri puta.

U ovom radu je prikazan jedan od načina iskorišćenja deponijskog gasa, kroz izgradnju kogeneracionog postrojenja na gradskoj deponiji komunalnog otpada grada Niša. Finansijska analiza pokazuje da je moguća energetska valorizacija deponijskog gasa i da će se investicija u jedno ovakvog postrojenje isplatiti za period od približno 8 godina. Ako se na ovo doda i ekološka dobit, dolazi se do jasnog zaključka da je investicija u ovakve sisteme isplativa sa različitih aspekata.

LITERATURA

- [1] European commission – Eurostat (2010), Commission Staff Working Document, European commission. Na mreži: <http://ec.europa.eu/environment/waste/> [Pristupljeno: 12.09.2016.].
- [2] US Environmental Protection Agency (EPA), Na mreži: <http://www.epa.gov/> [Pristupljeno: 15.10.2016.].
- [3] O. Gohlke, Efficiency of energy recovery from municipal solid waste and the resultant effect on the greenhouse gas balance, *Waste Manage. Res.*, vol. 27 (09), pp. 894–906, 2009.
- [4] A. Tolis, A. Rentizelas, K. Aravossis, I. Tatsiopoulos, Electricity and combined heat and power from municipal solid waste; theoretically optimal investment decision time and emissions trading implications, *Waste Manage. Res.*, vol. 28 (11), pp. 985–995, 2010.
- [5] G. Vujović, M. Martinov, N. Stanisavljević, D. Ubavin, D. Štrbac, B. Batanić, A. Dvornić, B. Veselinov, B. Studija mogućnosti korišćenja komunalnog otpada u energetske svrhe (waste to energy) na teritoriji autonomne pokrajine Vojvodine i Republike Srbije, Pokrajinski sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine Autonomne Pokrajine Vojvodine. Na mreži: http://www.psemr.vojvodina.gov.rs/files_for_download/biomasa/Studija_komunalni_otpad_FTN_24112008.pdf [Pristupljeno: 8.10.2016.].
- [6] M. Luoranen, M. Horttanainen, M., Feasibility of energy recovery from municipal solid waste in an integrated municipal energy supply and waste management system, *Waste Manage. Res.*, vol. 25 (5), pp. 426–439, 2007.
- [7] R. Bove, P. Lunghi, Electric power generation from landfill gas using traditional and innovative technologies, *Eng. Convers. Manage.*, vol. 47, pp. 1391–1401, 2006.
- [8] G. Tchobanoglous, H. Theisen, S. Vigil, *Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues*, New York, McGraw-Hill, Inc, 1993.
- [9] IPCC, *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5, Waste*, Intergovernmental Panel on Climate Change, Japan, 2006.
- [10] US Energy Information Administration (EIA), Na mreži: <http://www.eia.gov/> [Pristupljeno: 25.09.2016.].
- [11] H. Willumsen, H, “Number and Types of Landfill Gas Plants Worldwide”, Na mreži: http://deponigas.dk/uploads/media/Number_and_Types_of_LFG_Plants_Worldwide.pdf [Pristupljeno: 16.09.2016.].
- [12] S. Ritchie, E. McBean, Assessment of operations and design strategy controls to improve landfill gas utilization opportunities, *Can. J. Civil Eng.*, vol. 38 (5), pp. 519–529, 2011.
- [13] JKP “Mediana” Niš, Na mreži: <http://jkpmediana.rs> [Pristupljeno: 05.10.2016.].

ANALIZA GENERATORA GRAĐEVINSKOG OTPADA U NIŠKOM REGIONU ANALYSIS OF DEMOLATION WASTE GENERATORS OF NIŠ AREA

Jelena Bijeljić, Natalija Tošić, Aleksandra Boričić
Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.

Sadržaj - U ovom radu data je kratka podela i navedeni su neki od razloga nastanka građevinskog otpada i njegov uticaj na životnu sredinu. U radu je izvršena i analiza generatora građevinskog otpada u Niškom regionu i predložene su neke mere za sprečavanje nastanka ove vrste otpada.

Ključne reči: Otpad. Otpad od rušenja. Tehnologije tretmana. Analiza generatora.

Abstract - In this paper authors gave a short division, mentioned some of the reasons and impact of demolition waste generated on the environment, analysis of demolition waste generators and some prevention measures has been proposed.

Key words: Waste. Demolition waste. Technology of treatments. Analysis of generators.

1. UVOD

Sadašnji tempo tehnološkog razvoja, kao i zagađenje zemljišta, vode i vazduha su samo neka od nasleđa XX veka. Zagađenost životne i radne sredine, neprestano povećanje zagađenja nastalog povećanjem broja motornih vozila, potreba za širenjem urbanog prostora, nekontrolisano odlaganje otpada i dr. samo su neki od problema čije se rešenje što pre mora naći. Praksa u upravljanju otpadom (a naročito građevinskim) u Srbiji i drugim balkanskim zemljama je na niskom nivou, pa je za sprovođenje konkretnih mera neophodno najpre postaviti strateške ciljeve, prioritete kao i mehanizme za rešavanje ovog problema.

Činjenica da 90% otpada nakon primene odgovarajućih tehnologija može povratiti svoju tržišnu vrednost trebala bi da dovede do porasta ekološke svesti stanovništva. Rehabilitacija postojećih divljih deponija, izgradnja regionalnih deponija i transfer stanica samo su neki od načina za održivost prirodnih resursa [1].

2. PODELA I RAZLOZI NASTANAKA OTPADA

Zaknodavno-pravni i institucionalni okvir zaštite životne sredine ima svoje uporište u Ustavu Republike Srbije, i na nivou regiona doneti su Regionalni planovi upravljanja otpadom koji služe za integrisano upravljanje otpadom u posmatranim regionima [10].

Osnovna podela otpada je prema mestu nastanka (i tada se otpad deli na: komunalni, industrijski, građevinski, medicinski, ambalažni, poljoprivredni, baštenski i dr.).

Problem pri upravljanju otpadom koji se javlja u našoj zemlji je taj da se otpad pri odlaganju najčešće ne selektuje, te nije redak slučaj da se u komunalnom otpadu nađe i građevinski. Razumevanje ovog problema, i shvatanje da nepravilno selektovan i ne tretiran otpad može da ugrozi

podzemne i površinske vode, atmosferu, utiče na društvo da traži bezbednije načine za upravljanje otpadom [2].

Razvoj industrije građevinskog materijala podstakao je veću proizvodnju energije i emisiju štetnih gasova ali i upotrebu prirodnih resursa.

Građevinarstvo koje se u najvećoj meri temelji na upotrebi kompozitnih i elementarnih građevinskih materijala, jedan je od najvećih potrošača prirodnih resursa. U prirodne resurse u najvećoj meri mogu se uvrstiti glina, drvo, kamen, pesak i voda. Korišćenje ovih resursa u kombinaciji sa veštački dobijenim nuzproduktima, nakon isteka veka trajanja, ima za posledicu rušenje objekata, ili dela objekta, i nastanka velikih količina građevinskog otpada [3].

Svakodnevno, građevinski otpad može nastati [4]:

- prilikom potpunog ili delimičnog rušenja, rekonstrukcije, revitalizacije, adaptacije... građevinskih objekata,
- izgradnjom novih objekata visokogradnje ili infrastrukturnih objekata (ambalaža, višak boje, neupotrebljeni materijal i dr.),
- gradnjom i popravkom infrastrukture, tokom proizvodnje gotovih proizvoda,
- zemljani materijal, kamen i rastinje koje je potrebno ukloniti prilikom izvođenja pripremnih radova,
- nakon vremenskih nepogoda i prirodnih katastrofa (zemljotresa, poplave, erozije zemljišta i td.).

3. OTPAD OD RUŠENJA

Za uspešno kontrolisanje građevinskog otpada neophodno je kvalitetno sprovesti rušenje objekta. Pod pojmom „rušenje“ objekta podrazumeva se svaki postupak kojim se delimično ili u potpunosti mehanički uništavaju konstruktivni delovi objekta. Ovakvi postupci najčešće se sprovode zbog stvaranja prostora za nove energetske efikasne objekte ili prenamene prostora. Navedeni razlozi odnose se najčešće na

objekte koji se nalaze u gradskom jezgru. Za sprovođenje postupaka uklanjanja građevinskih objekata najčešće je neophodno izvršiti:

- izmeštanje opreme,
- rušenje,
- odlaganje iskoristivog građevinskog otpada,
- deponovanje neiskoristivog otpada.

Pod iskoristivim otpadom smatra se onaj otpad koji je moguće reciklirati. U pripremim fazama važno je sprovesti postupke sortiranja i odlaganja, i na ovaj način izvršiti selektovanje otpada koji u zatečenom obliku ima upotrebnu vrednost. Nakon pravilno sprovedenog postupka selektovanje, otpad se drobi, usitnjava i prosejava.

Na taj način vrši se izdvajanje pojedinih frakcija materijala. Ovakvi postupci karakteristični su za inertan građevinski otpad [4].

3.1. UTICAJ GRAĐEVINSKOG MATERIJALA I GRAĐEVINSKOG OTPADA NA ŽIVOTNU SREDINU

Svako odlaganje građevinskog otpada na deponiju koja nije projektovana za deponovanje ove vrste otpada nanosi višestruku štetu društvu. U tom slučaju se umesto recikliranja i ponovne upotrebe građevinskih proizvoda (u vidu proizvoda od recikliranog materijala) kod novih objekata koristi novi prirodni materijal iz uglavnom neobnovljivih izvora [4].

Da bi postupak reciklaže bio ekonomski isplativ, ovi postupci moraju biti planski i sistematično sprovedeni tako da budu uključeni naredni postupci:

- mašinsko rušenje,
- priprema otpada (odvajanje i selekcija po vrstama),
- tretman otpada u vidu reciklaže i sprovođenje postupaka tehnologija tretmana (drobljenje, usitnjavanje, prosejavanje i dr.),
- ponovna upotreba materijala (nastalog nakon primene tehnologija tretmana) [4].

Pri proizvodnji najkorišćenijeg građevinskog materijala - cementa dolazi do velike emisije CO₂. Neki statistički podaci dokazuju da približno 7% ukupne emisije CO₂ nastaje kao posledica proizvodnje cementa. Činjenica da je u periodu od 1990. do 1999. godine prosečni porast emisije CO₂ bio 1,3% godišnje umesto sadašnjih 3,3% godišnje čini se katastrofalnom. S toga je važno da se pri odabiru materijala za građenje koriste alternativna rešenja koja imaju za cilj smanjenje štetnog uticaja na okolinu. Pri proizvodnji građevinskog materijala potrebno je detaljno razmotriti sve ulazne i izlazne parametre, potrošenu energiju (Tabela T1),

Tabela T1: Potrošnja energije prilikom proizvodnje građevinskih materijala i njihov uticaj na okolinu [3]

Materijal	Energija (GJ/m ³)	Uticaj na okolinu
		Potencijal za globalno zagrevanje (kg/m ³)
Opeka	5,4	342
Keramičke pločice	16	1142
Beton	4,8	156
Staklo	19,2	1365,6
Crep	2,2	288,2
PVC	116	1932
Čelik	200	17840
Drvo	1,65	63,8

transport ali i štetni uticaj otpada koji nastaje tokom proizvodnje.

Prilikom odabira sirovina za spravljanje građevinskog materijala treba razmotriti:

- upotrebu materijala iz obnovljivih izvora,
- korišćenje materijala čija priprema, ugradnja i održivost ne podstiče emisiju CO₂,
- korišćenje manjih količina materijala,
- ponovnu upotrebu materijala,
- upotrebu recikliranog otpada nastalog tokom spravljanja materijala,
- upotrebu materijala čija je reciklaža moguća [3].

3.2. VRSTE OTPADNOG GRAĐEVINSKOG MATERIJALA

Zavisno od potreba radova u građevinarstvu mogu se javiti različite vrste otpadnog materijala (Tabela T2).

Drvni otpad koji nastaje u svim fazama pripreme drvnog materijala za potrebe graditeljstva različit je po svom sastavu, kvalitetu i kvantitetu, i kao najpoželjniji izbor u upravljanju ovom vrstom otpada je smanjenje otpadnih sirovina ovog tipa na samom mestu nastanka. Prema standardu o drvnom otpadu, ovaj tip otpada moguće je podeliti po više osnova i to:

- prema mestu korišćenja,
- prema mestu nastanka,
- prema fizičkim i ekonomskim mogućnostima upotrebe,
- prema fizičkim osobinama [5].

Prema dosadašnjim iskustvima, drvni otpad varira zavisno od kvaliteta ulazne sirovine, opreme za pripremu proizvoda, vrste krajnjeg proizvoda ali i od klasifikacije ulaznih i izlaznih sirovina, iskustva i motivacije zaposlenih.

Prema nekim podacima, u fazi seče šuma kao prvog koraka u proizvodnji građevinskog drvnog materijala i početne faze pripreme proizvoda, ostaje otpad od oko 46% ukupne seče. U fazi primarne prerade gubici su još veći jer kao krajnji proizvod izađe 20 – 70% od ulazne sirovine.

Problem koji nastaje pri selektovanju drvnog otpada u građevinarstvu je da on najčešće nije homogen zbog raznolikosti poslova koje obuhvata ova delatnost. U fazi izgradnje novih objekata otpad nastaje od različitih odsečaka konstruktivnog drveta (kod tesarskih radova), iskorišćenih oplata, pomoćnih skela i td.

Pored potrebe da se u fazi projektovanja izvrši smanjenje drvnog otpada, od velike je važnosti i dodatno obrazovanje radnika i izvođača radova.

Tabela T2: Najčešće vrste otpada koje se javljaju u nekim oblastima građevinarstva [3]

Zemljani radovi / iskop tla	Niskogradnja	Visokogradnja	Mešani građ. otpad
zemlja (treset), pesak, glina, ilovača, kamen	bitumen (asfalt) ili cementom vezani materijal, pesak, šljunak, drobljeni kamen	beton, opeka, malter, gips, ekspandirana glina, plinobeton, klin-ker, prirodni kamen	drvo, plastika, papir, karton, metal, kablovi, boja, lak, šut

Drveni otpad koji nastaje pri rušenju i rekonstrukciji starih zgrada takođe je jedan od većih izvora drvnog otpada na deponijama.

U skorije vreme, mali procenat otpadnog drveta počeo je da se koristi kao dekorativni malč za ulepšavanje javnih površina, ali i sprečavanje nastajanja baštenskog otpada kroz smanjenje rasta korova i drugih neželjenih biljaka [8].

Asfaltni otpad – Asfaltna mešavina sastoji se iz mineralne mešavine i veziva. Mineralno vezivo, u čiji sastav ulaze kameno brašno, pesak i kamena sitnež čine oko 90 – 97% sastava asfaltna mešavine.

Do nedavno se pod održavanjem kolovoznih konstrukcija smatrala izrada novih i habajućih slojeva od asfalta. Verovalo se da se raspolaže neograničenim količinama materijala za izgradnju i održavanje kolovoza. U skorije vreme postalo je jasno da je neophodno težiti sačuvanju resursa dok se ne obezbede dovoljne količine koje bi zadovoljile buduće potrebe korisnika. Pri proizvodnji asfalta 48% energije potroši se za mešanje i vađenje agregata, a 40% za proizvodnju asfalta. Neki od podataka su da je upotrebom recikliranog agregata moguće je smanjiti potrošnju energije za 23% [3][6].

Otpad na bazi gline – Očuvanje prirodnih materijala značajno je za ekološki odgovorno i održivo građenje koje je ujedno i finansijski prihvatljivo. Ponovna upotreba opekarskih proizvoda u iste ili slične svrhe, jedno je od ekološki najprihvatljivijih rešenja. Reciklirani agregat od opeke na bazi gline može se upotrebiti pri proizvodnji novih betonskih proizvoda, kao sirovina za nove proizvode, pri proizvodnji glinene opeke ili crepa, kao materijal za izradu nasipa i tampona i dr.

Današnji princip gradnje zahteva upotrebu ekoloških i jeftinih materijala koji nakon upotrebe nemaju štetan uticaj na okolinu. Ekološki odgovoran i održiv način gradnje podrazumeva postizanje potpuno zatvorenog ciklusa upotrebe materijala. Zatvoreni ciklus u ovom slučaju obuhvata recikliranje materijala i dobijanje novih sirovina za novi proizvod (npr. beton sa recikliranim agregatom), ponovno dobijanje izvornih proizvoda (npr. glinene opeke ili crepa) njihovim rušenjem i termičkom obradom [3][7].

4. ANALIZA GENERATORA GRAĐEVINSKOG OTPADA U NIŠU

Za pravilno određivanje sastava otpada koji se ispituje neophodno je izvršiti planiranje ispitivanja i uspostavljanje sistema ispitivanja. Pravilnim sprovođenjem analize moguće je utvrditi generatore otpada i njihovu prostornu distribuciju.

Postoji niz metoda koje se mogu koristiti sa ciljem utvrđivanja količine građevinskog otpada. Razlika metoda je najčešće u odabiru generatora i vrsti uzorka. Pristup u odabiru uzoraka je najčešće metodom slučajnog izbora u zavisnosti od tipa generatora.

Na osnovu ispitivanja sprovedenog u junu 2015. i junu 2016. godine, a za izvedene građevinske radove u 2014. i 2015. godini, dobijene su količine građevinskog otpada na teritoriji grada Niša i bliže okoline. Okvirne količine otpada nastale su kao posledica rekonstrukcija, adaptacija, rušenja i izgradnje novih objekata na teritoriji Grada Niša. Prema podacima sa portala Građevinarstvo u Nišu je od početka 2015. godine pa do 2.9.2015. izdato 45 građevinskih dozvola i 46 dozvola za sanaciju. I ako ovi podaci zvuče

iznenađujuće, treba uzeti u obzir da za infrastrukturne objekte neophodno dobijanje građevinske dozvole ili dozvole za sanaciju bez obzira na količinu radova koje je potrebno izvršiti [9]. Neki od problema koji su se javili prilikom sakupljanja podataka o količinama i generatorima građevinskog otpada su:

- veliki broj neprijavljenih gradilišta bilo da su u pitanju rekonstrukcije, adaptacije ili izgradnja novih objekata,
- bojaznost generatora da daju tačne podatke o morfološkom sastavu i količini otpada,
- nesavesnost građana,
- omogućavanje sistema da firme nisu u obavezi da daju podatke ili da daju podatke koji nisu istiniti...

Za potrebe ovog rada je sprovedena anketa pojedinih građevinskih firmi sa teritorije grada Niša, kako bi bili utvrđeni podaci o količini otpada. Poznato je da je sakupljanje metalnog, staklenog, papirnog i sl. otpada već delimično organizovano, i da se ono vrši tako što vlasnici privatnih deponija otkupljuju ove vrste otpada od građana koji donose otpad na privatne deponije, a zatim ga sakupljači preprodaju prerađivačima koji ovaj otpad pretapaju i proizvode predmete iste ili slične namene. Zbog već organizovanog sakupljanja, razmatrane su količine građevinskog otpada iz grupa otpada na bazi gline, betonskog i drvnog otpada.

Tabele T3 i T4 sastoje se od šifri generatora i nekih osnovnih vrednosti: g_{gi} – količina srednjeg proizvedenog otpada na bazi gline za 2014. i 2015. godinu, g_{bi} – količine srednjeg proizvedenog betonskog otpada za 2014. i 2015. godinu, g_{di} – količine srednjeg proizvedenog drvnog otpada za 2014. i 2015. godinu, n_i – broja sličnih gradilišta u 2014. i 2015. godini i ostalih izvedenih vrednosti koje se računaju prema uvedenim jednačinama:

N_{gi} – ukupan srednji broj gradilišta se računa prema jednačini:

$$N_{gi} = \sum_{i=1}^n n_i, \quad (1)$$

V_i – ukupna srednja količina generisanog otpada za 2014. i 2015. godinu se računa prema jednačini:

$$V_i = g_i n_i, \quad (2)$$

S_i – srednja suma ukupnih količina građevinskog otpada u za 2014. i 2015. Godinu se računa prema jednačini:

$$S_i = \sum_{i=1}^n V_i, \quad (3)$$

p_i – prosečna srednja vrednost otpada po gradilištu za 2014. i 2015. godinu jednaka je količniku ukupne srednje sume S_i i ukupnog broja gradilišta N_g :

$$p_i = \frac{S_i}{N_{gi}}, \quad (4)$$

Za dobijanje prosečne srednje vrednosti građevinskog otpada u rastresitom stanju P_i , neophodno je uvesti koeficijent rastresitosti k_i (za potrebe ove analize usloveno je 1,30) tako da se vrednost P_i računa prema sledećoj jednačini:

$$P_i = p_i k_i. \quad (5)$$

Tabela T3: Srednje količine proizvedenog građevinskog otpada nekih generatora za 2014. i 2015. godinu

Šifra generatora	Otpad na bazi gline $g_{g2} (m^3)$	Betonski otpad $g_{b2} (m^3)$	Drvo $g_{d2} (m^3)$	Broj sličnih objekata n_i
1	21,68	8,00	7,00	2
2	92,60	22,00	14,00	4
3	2000,00	4,00	1,00	3
4	200,27	6,50	3,00	3
5	100	65,00	20,00	1
Ukupno gradilišta N_{g2}				13

Tabela T4: Ukupne srednje količine građevinskog otpada za 2014. i 2015. godinu

Šifra generatora	Otpad na bazi gline $V_{g2} (m^3)$	Betonski otpad $V_{b2} (m^3)$	Drvo $V_{d2} (m^3)$
1	43,36	16,00	14,00
2	370,40	88,00	56,00
3	6000,00	12,00	3,00
4	600,81	19,50	9,00
5	100,00	65,00	20,00
Ukupno $S_2 (m^3)$	7114,57	200,50	102,00
Prosečna vrednost $p_2 (m^3)$	547,27	15,42	7,85
Prosečne vrednosti u rastresitom stanju $P_2 (m^3)$	711,45	20,05	10,21

5. DISKUSIJA REZULTATA

Posmatrajući tabelu T4 uočava se da najveću prosečnu vrednost u rastresitom stanju P_2 ima opeka sa $711,45 m^3 (V_{g2})$, i koja je čak 34,48 puta veća od prosečne vrednosti betona u rastresitom stanju po jednom gradilištu (V_{b2}) odnosno 69,68 puta veća od prosečne vrednosti drveta u rastresitom stanju po jednom gradilištu (V_{d2}). Ove vrednosti možemo uporediti sa vrednostima iz tabele T1, gde su za pojedine građevinske materijale date vrednosti za potrošnju energije pri proizvodnji (opeka $5,40 GJ/m^3$ što je veće 1,125 puta veće od potrošnje energije pri spravljanju betona i 3,27 puta veće od potrošnje energije pri proizvodnji konstruktivnog drveta, i keramičke pločice koje su takođe opekarski materijal $16 GJ/m^3$) i uticaj na životnu sredinu izražen kao potencijal za globalno zagrevanje (opeka kod koje je vrednost $342 kg/m^3$, što je 2,19 puta veće od globalnog zagrevanja koje proizvodi betonski otpad i 5,36 puta veće od globalnog zagađenja koje proizvodi drveni otpad, i keramičke pločice $1142 kg/m^3$). Iz prethodnog tumačenja rezultata lako je uočljivo da najveći uticaj na zagađenje životne sredine, gledano po energiji potrebnoj za proizvodnju, potencijal za globalno zagrevanje i prosečne vrednosti otpadnog materijale u rastresitom stanju ima otpad na bazi gline u koji spadaju puna i šuplja opeka, blok, crep, keramičke pločice i sl.

6. ZAKLJUČAK

Upravljanje građevinskim otpadom u Niškom regionu (i Republici Srbiji) je bitno pitanje na koje je neophodno što pre naći efikasan odgovor. Svi smo svesni da je velika količina otpada smeštena na za to nenamenjena mesta, jer kod nas namenjena mesta gotovo da ni ne postoje. Građevinski otpad je otpad koji bi uz dobru organizaciju, stručnu primenu i podršku Ministarstva građevinarstva i drugih vladinih organizacija mogao biti vraćen u materijalni promet.

Prilikom sakupljanja podataka o građevinskom otpadu u Niškom regionu (ali i Republici Srbiji) zaključuje se da organizacije zadužene za upravljanje otpadom često nisu svesne ekonomske koristi, koja bi se mogla stvoriti tretmanom otpada, ali i ekološke zaštite teritorije na kojoj živimo.

U ovom radu je izvršena analiza generatora građevinskog otpada u Niškom regionu. Za postavljanje konačnog rešenja sistema upravljanja građevinskim otpadom u regionu neophodno je sprovesti veći broj ispitivanja, izvršiti tačno merenje nastalih količina otpada, posmatrati nastanak građevinskog otpada kroz duži vremenski period (tokom građevinske sezone koja traje od marta do novembra) ali i obuhvatiti veći broj generatora građevinskog otpada.

Za dalja istraživanja u ovoj oblasti neophodna je bolja edukacija generatora otpada, vlasti i stanovništva uopšte, o posledicama i ekonomskoj koristi koju ova vrsta otpada može da donese.

LITERATURA

- [1] Regionalni centar za životnu i radnu sredinu za Centralnu i Istočnu Evropu, „Strateški okvir za politiku upravljanja otpadom, Kancelarija u Jugoslaviji, Mart 2002.
- [2] M. Miloradov, „Integralno upravljanje otpadom, sanitarne deponije i zaštita voda“
- [3] N. Štirmer “Utjecaj građevinskog materijala na okoliš“, Radovi Zavoda za znanstveni i umjetnički rado u Požegi, Mart 2012,
- [4] „Statistika okoliša, građevinski otpad i otpad od rušenja okoliša“, RD 02, Radni dokument ISSN 1840-474X, Sarajevo, Novembar 2013.
- [5] M. Mikić Milosavljević, V. Mihailović „Vrste drvnog otpada, mesta nastanka i mogućnosti njihove primene“, UDK 630*839.8, Stručni rad „Prerada drveta“ br.14
- [6] D. Drndarski: "Recikliranje postojećih asfaltnih kolovoza", Institut za puteve A.D. Beograd
- [7] I. Kesegić, D. Bjegović, I. "Upotreba reciklirane opeke kao agregata za beton", Građevinar 61, 2009, 15-22str.
- [8] <http://www.danfoss.com/Serbia/NewsAndEvents/News/VLT-pretvara-otpadno-drvo-u-malc/C1A29DC2-A830-494B-815D-CBB442F88C2C.html>, na dan 22.6.2015
- [9] <http://www.gradjevinarstvo.rs>, na dan 1.6.2015
- [10] <http://www.novavaros.rs/dokumenta/RPUO.pdf>, na dan 22.1.2016

UTICAJ RAČUNARA NA ZDRAVLJE ČOVEKA INFLUENCE OF COMPUTER ON HUMAN HEALTH

Anica Milošević, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - Računari su utkani u sve sfere savremenog društva, pa su vremenom i postali sastavni deo čovekovog života. U ovom radu su razmatrane posledice rada na računaru, što podrazumeva gledanje u monitor, dugo sedenje, nepravilan položaj tela, kucanje na tastaturi i upotreba miša. Uspešno preduzete mere bezbednosti i zdravlja na radu su ključ za smanjenje posledica, povreda i oboljenja pri radu na računaru.

Ključne reči: Računar. Posledice. Mere bezbednosti i zdravlja na radu.

Abstract – Computers are in all aspects of modern society, so over time become an integral part of human life. This paper presents implication of using of computer, including work with monitors, long sitting, improper position of the body, typing on the keyboard and using a mouse. Key to reducing the consequences of injuries and diseases at work on the computer is successfully implemented measures for safety and health at work.

Key words: Computer. Consequences. Measures for safety and health at work.

1. UVOD

Savremena tehnologija je značajno uticala na promenu čovekovog života u svakom pogledu. Računari, kao predstavnici ovih tehnologija, predstavljaju uređaje koji su se integrisali u sve sfere čovekovog života, od posla, automobila, pa sve do svakodnevnog života. Pojavom interneta 1969. godine, a zatim njegovom ekspanzijom, većina informacija je dostupna jednostavnim klikom miša, čime je upotreba računara značajno porasla. Upotreba računara je svakako vrlo prisutna i u obrazovanju, dajući doprinos unapređenju obrazovnog sistema kroz pružanje novih i savremenih znanja.

Međutim, sa integracijom računara, došlo je i do pojave zdravstvenih problema njihovih korisnika, koji se nazivaju problemima uzrokovanih radom sa računarom. Ovi problemi se ogledaju u poremećaju komfora, zdravlja i radne efikasnosti. Identifikovani problemi se grupišu u tri kategorije patoloških procesa: oboljenja usled ponavlanog naprezanja, poremećaji funkcije gornjih ekstremiteta i problemi s kičmenim stubom. Takođe, identifikovani su simptomi u vidu oštećenja mišića, fascija, tetiva i neurovaskularnih struktura, koji najčešće pogađaju ruke, vrat i kičmeni stub, kao i poremećaj vida i razne vrste psihičkih poremećaja.

U ovom radu je predstavljen uticaj računara na čoveka kroz pojavu oštećenja ljudskog tela različitog tipa. Celo ljudsko telo je izloženo štetnom dejstvu računara, međutim pojava sindroma karpalnog tunela, kompjuterskog vida i oštećenja gornjih ekstremiteta su najzastupljenija među korisnicima. Iako su ljudi koji većinu radnog vremena izloženi štetonu uticaju, smatra se da su svi korisnici na različite načine podložni oštećenjima uzrokovanih radom na računaru. S obzirom da je odgovarajuća zakonska regulativa na snazi u vidu Pravilnika o preventivnim merama za bezbedan i zdrav

rad pri korišćenju opreme za rad sa ekranom, potrebno je istu implementirati od strane poslodavca i radnika.

2. INTERAKCIJA ČOVEK – RAČUNAR

Oblast ergonomije, koja se bavi proučavanjem interakcije između ljudi, koji predstavljaju korisnike, i računarskih sistema jeste interakcija čovek-računar (eng. Human Computer Interaction - HCI). Čovek predstavlja operatera koji izvršava specifične poslove u sistemu, pri čemu prima informacije preko indikacionih uređaja i utiče na sistem preko izvršnih delova ili komandi [1, 2]. Najvažniji pojam ove oblasti je interfejs (eng. interface), koji predstavlja tačku gde dolazi do interakcije između čoveka i računara, a uključuje hardver i softver.

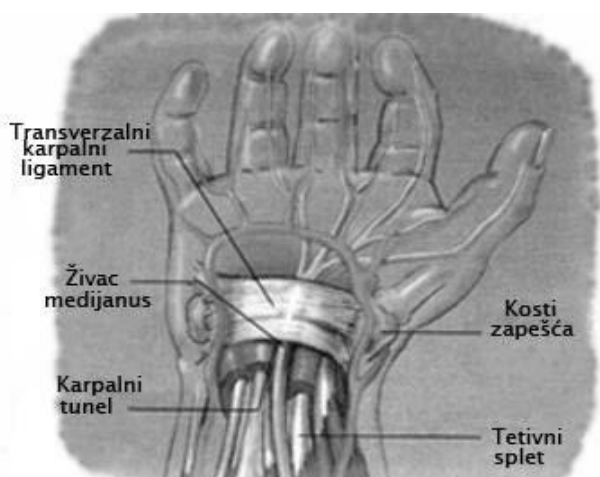
Interakcija čoveka sa računarom se može sagledati u tri domena [3]:

- 1) Fizički domen – mehanika odnosa čoveka i računara;
- 2) Kognitivni domen – načini na koji operatori, koristeći mentalne modele, razumeju sistem i stupaju u interakciju s njim;
- 3) Afektivni domen – emocije korisnika u vezi sa informacionim tehnologijama koje koristi u radu.

Međutim, dugotrajan rad sa računarom nije medicinski bezbedan, a i upotreba računara na nepravilan način može izazvati različite povrede. Štetnom dejstvu računara je, u manjoj ili većoj meri, izloženo čitavo ljudsko telo, ali najzastupljeniji sindromi koji se javljaju jesu: sindrom karpalnog tunela, oboljenja gornjih ekstremiteta i sindrom kompjuterskog vida.

3. SINDROM KARPALNOG TUNELA

Karpalni kanal ili karpalni tunel (lat. *canalis carpi*) je koštano-vezivni kanal, koji je smešten na prednjoj strani korena šake, u predelu zgloba ručja, odnosno između malih kostiju ručnog zgloba i iznad njih ostavljene čvrste vezivne trake, tzv. karpalnog ligamenta [4, 5]. Veličina karpalnog tunela je desetak milimetara, potpuno je nerastezljiv i prostor unutar kanala zauzimaju medijalni nerv i devet tetiva fleksora prstiju (uključujući palac), koji omogućavaju prstima na ruci radnje dodirivanja i hvatanja (Sl. 1). Tetive mišića obložene su vrlo osjetljivom ovojnicom koja olakšava njihovo klizanje i pokretanje, međutim ovojnica je osjetljiva na svaki dugotrajniji napor i nadražaje. Upravo zbog toga, ovojnica je sklona upalnim promenama, naročito pri dugotrajnim i jakim iritacijama.



Slika 1. Karpalni tunel [4].

Uzrok sindroma karpalnog tunela je kompresija (pritisak) nerva medijanusa na njegovom putu kroz karpalni tunel (Sl. 2.). Zbog toga, ovaj sindrom predstavlja lokalizovanu kompresivnu leziju ovog nerva [6]. Pritisak na nerv, koji je po svojoj prirodi mehanički, može nastati kao posledica anatomskih anomalija ili posttraumatskih stanja, degenerativnih promena na zglobovima, tenosinovitisa, hormonskih promena, sistemskih bolesti poput reumatoidnog artritisa, gihta i dijabetesa. Drugi uzroci mogu biti profesionalna oštećenja i pojavljuje se kod ljudi koji puno rade na računarima tako da se naziva i "bolest računara". Sindrom karpalnog kanala i "kompjuterska šaka" su dva naziva za isto bolno stanje [4]. Studije su pokazale da jedan od osam profesionalnih korisnika računara boluje od ovog sindroma [7].



Slika 2. Mesto pritiska na nerv medijanus [4]

Sindrom karpalnog tunela je jedna od naraširenijih povreda na radu i direktno je povezan sa ponavljajućim pokretima u šaci (rad sa mišem i tastaturom), jakim stezanjima šake i izloženosti ruku vibracijama. Prvi simptomi pojave ovog sindroma se ogledaju u promenama osećaja u šaci, pojavi trnjenja, bockanja, bolovima u prva tri prsta šake i ručnom zglobu, odnosno korenu šake, koja se može širiti kroz dlan, prste, pa čak sve do ramena. Kod dužeg pritiska, može doći do motoričkih smetnji i hipotrofije mišića tenara, koji se nalazi u području šake ispod palca. Sindrom karpalnog tunela se javlja češće kod žena nego kod muškaraca, između treće i pete decenije života [4, 6].

Lečenje sindroma karpalnog tunela može se vršiti eliminacijom spoljašnjeg pritiska na nerv pomoću endoskopske ili otvorene hiruške metode [8]. Pored toga, ovaj sindrom se može lečiti i imobilizacijom šake i fizikalnom terapijom [6]. Ipak, preventivno se može izvršiti uređivanje radnog prostora u skladu sa preporukama lekara i Pravilnikom o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri korišćenju opreme za rad sa ekranom [9]. Takođe, treba praviti pauze u radu i koristiti opremu koja je ergonomski oblikovana i na način koji može smanjiti rizik pritiska na nerv medijanus (Slika 3).



Slika 3. Primer neispravne i ispravne upotrebe računarske opreme

4. OBOLJENJA GORNJIH EKSTREMITETA

U grupu oboljenja koja su uzrokovana dugosatnim radom na računaru spadaju oboljenja gornjih ekstremiteta. Ova oboljenja su nastala kao posledica dugotrajnih, prisilnih i fiksnih položaja glave i tela, a koji su nazvani zajedničkim imenom - sindrom prenaprezanja [10]. U sedećem položaju, koji je tipičan za korisnike računara, karlica je najopterećeniji deo tela, kao i mišićne grupe: podizači lopatice, mišići karlice, prednje prsne regije, podlaktice i šake. Ovi mišići su u stanju prenapregnutosi, napetosti, istegnuća ili skraćenosti. S obzirom da su mišići u ovom slučaju statički napregnuti, oni su kontrahovani i u tom položaju su određeno vreme, kao npr. dugotrajno sedenje u stolici. Mišiću, koji je u kontrahovanom položaju, ograničen je protok krvi, pa se ne može osloboditi otpadnih produkata metabolizma. Zadržavanje tih produkata izaziva osjetljivost, zamor i bol mišića. Hiljade ponovljenih radnji (dodirivanje tastera na tastaturi, kliktanje na taster miša, itd.) predstavljaju malu traumu za mišiće, koji se i nakon izvršenja radnje nalaze u delimično kontrahovanom položaju. Ove traume se, u slučaju dugosatnog rada, kumuliraju i mogu izazvati teža oštećenja prenaprezanja [10, 11].

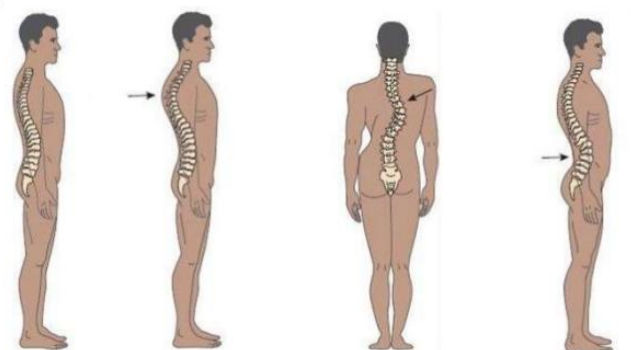
Jedan od čestih oboljenja je i sindrom gornje torakalne aperture (lat. *Thoracic Outlet Syndrome, TOS*) koji obuhvata čitav niz simptoma koji su uzrokovani pritiskom na neurovaskularnu peteljku ramena, koju čine potključna arterija i

vena i brahijalni plexus. Simptomi ovog sindroma su najčešće trnjenje, bolovi i slabosti mišića ruku, a ponekad i bolni otoci na rukama.

Sa druge strane, dugotrajno sedenje u stolicama koje nisu na ergonomski oblikovane, izazva statičko opterećenje kičmenog stuba. Ovo opterećenje predstavlja faktor rizika za pojavu različitih bolnih stanja vrata i donjeg dela leđa. Najčešće posledice su ogleđaju u degenerativnim promenama na mišićima vrata i vratnom delu kičme, poznatom kao spondilozna, pa dolazi do krivljenja vrata (torikolis), bolova, ograničenih pokreta, itd. Kod ljudi koji dosta vremena provode radeći u sedećem položaju sa računarom, pored ovih simptoma, javlja se i sindrom bolnog ramena [11]. Takođe, kao i u slučaju sindroma karpalnog tunela, riziku od oboljenja gornjih ekstremiteta u slučaju korisnika računara, podložnije su žene u odnosu na muškarce [12].

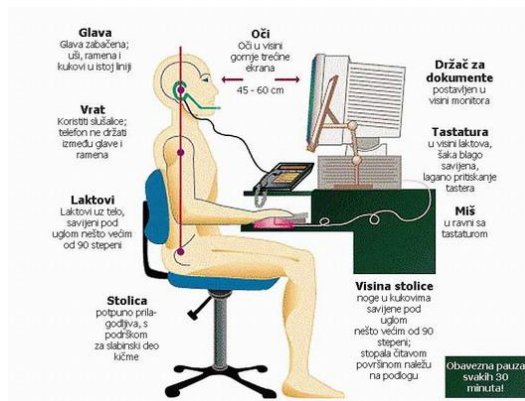
Mladi korisnici računara su još više izloženi promenama na kičmenom stubu. U fazi razvoja, usled nepostojanja fizičke aktivnosti, nepravilnog sedenja ili sedenja u stolici koja nije anatomski oblikovana, dolazi do pojave različitih vrsta deformiteta. Najčešći deformiteti kičmenog stuba su kifoza i skolioza, kao i kombinovani deformitet kifoskolioza. Kifoza predstavlja iskrivljenost kičmenog stuba u grudnom delu i praćen je povijenošću ramena napred, dok je skolioza iskrivljenost kičmenog stuba u levu ili desnu stranu. Neretko se javlja i lordoza kao deformitet, koji se ogleda u jako naglašenoj lumbalnoj krivini kičme prema napred (Sl. 4).

Pravilan položaj



Slika 4. Tipovi deformiteta kičme

Većina simptoma prenaprezanja se može sprečiti radom sa računarom u neutralnom položaju tela (Sl. 5) To je položaj u kojem je glava uravnotežena sa pogledom prema napred i pod uglom od 10 stepeni prema dole, sa opuštenim ramenima i nadlakticama priljubljenim uz telo. Pored toga, podlaktica i natkolenica moraju biti paralelni s podom, leđa naslonjena i blago zabačena prema nazad pod uglom od 110 stepeni, kolena savijena pod uglom nešto većim od 90 stepeni sa stopalima na podu. Ručni zglobovi ne sme biti savijeni, već mora biti u liniji podlaktice koja je oslonjena na naslon stolice ili radnu ploču stola. Od posebnih mera, preporučuju se prekidi u radu i vežbe rasterećenja u trajanju od 5 do 15 minuta svakih sat vremena u zavisnosti od opterećenja. Svakako, preporučuje se fizička aktivnost van radnog mesta, kako bi se ceo ljudski organizam rasteretio od prenaprezanja na radu [10].



Slika 5. Pravilno držanje tela pri radu sa računarom [13]

5. SINDROM KOMPJUTERSKOG VIDA

Na poremećaj vida direktno utiče tzv. bleštanje ekrana, koje može biti posledica odraza ekrana ali i radnih površina. To se događa usled mešanja dva različita izvora svetlosti, odnosno postoji istovremeni dotok sunčevog ili veštačkog svetla sa svetlošću koja zrači. Bleštanje doprinose i titranje slike i neodgovarajuća boja slova, slaba organizacija podataka na ekranu, koja prisiljava korisnika na predugo pretraživanje, ali i prevelika gustina i neodgovarajuća veličina slova na ekranu. Kada čitamo ili kucamo tekst na računaru često više puta vršimo upoređivanje ili čitanje sa različitih izvora, a to zahteva promenu izvora pa i novu akomodaciju oka. Ako je slika na ekranu nejasna ili izobličena oko u tom slučaju traga za optimalnom percepcijom koja dovodi do premora mišića oka [13].

6. PRAVILNIK O PREVENTIVNIM MERAMA ZA BEZBEDAN I ZDRAV RAD PRI KORIŠĆENJU OPREME ZA RAD SA EKRANOM

Pravilnikom o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri korišćenju opreme za rad sa ekranom ("Sl. glasnik RS", br. 106/2009 i 93/2013) propisani su zahtevi koje je poslodavac dužan da ispuni u obezbeđivanju primene preventivnih mera pri korišćenju opreme za rad sa ekranom.

Odredbom člana 4. ovog Pravilnika propisano je da je poslodavac dužan da izvrši procenu rizika od nastanka oštećenja čula vida kao i fizičkih i psihofizioloških oštećenja zdravlja za sva radna mesta na kojima se koristi oprema za rad sa ekranom. Poslodavac je takođe dužan da izvrši delimičnu izmenu kao i dopunu akta o proceni rizika ukoliko procena je rizika izvršena tako da nisu evidentirani i procenjeni svi faktori rizika.

Odredbom člana 5. ovog Pravilnika, propisano je da je poslodavac dužan da zaposlenom koji koristi opremu sa ekranom obezbedi najmanje četiri sata dnevno rad na radnom mestu na kome su sprovedene mere za bezbedan i zdrav rad. Poslodavac je takođe dužan da sprovede i organizacione mere, zapravo da obezbedi zaposlenima odgovarajuće pauze ili promenu radnih aktivnosti sa ciljem da se smanje psihofiziološki naponi koji nastaju pri korišćenju opreme za rad sa ekranom.

Odredbom člana 6. Pravilnika propisano je: "Poslodavac je dužan da, u skladu sa propisima o zdravstvenoj zaštiti, zaposlenima koji koriste opremu za rad sa ekranom obezbedi pregled vida koji će izvršiti služba medicine rada ili oftalmolog". Pregled vida, iz stava 1. ovog člana, se sprovodi pre početka korišćenja opreme za rad sa ekranom, periodično u toku korišćenja oprema za rad sa ekranom u intervalima ne dužim od tri godine i ukoliko se kod zaposlenog pojave problemi sa vidom koji mogu nastati kao posledica korišćenja opreme za rad sa ekranom. Poslodavac je dužan da, u skladu sa propisima o zdravstvenoj zaštiti, zaposlenom koji koristi opremu za rad sa ekranom obezbedi ciljani oftalmološki pregled, ukoliko rezultati pregleda vida iz stava 1. ovog člana pokažu da je to neophodno.

U okviru Pravilnika o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri korišćenju opreme za rad sa ekranom dat je i Pregled mera za bezbedan i zdrav rad pri korišćenju opreme za rad sa ekranom [9].

7. ZAKLJUČAK

Činjenica je da je savremena tehnologija postala sastavni deo ljudskog života. Računari su utkani u skoro svaki deo čovekovog života, od obrazovanja, posla, pa i u dokolici. Međutim, stalna upotreba računara sa sobom nosi i određene posledice po zdravlje čoveka. Ovi problemi potiču od stalnog, često nepravilnog položaja tela, koji usled konstantnog ponavljanja značajno utiču na oboljenja usled naprezanja, promene i deformacije u gornjim ekstremitetima i kičmenom stubu, oštećenja mišića i neurovaskularnih struktura, poremećaj vida i dr., koji mogu itekako postati trajni. Ove promene pored uticaja na svakodnevni život, mogu uticati i na komfor i radnu efikasnost.

Međutim, male promene, pre svega navika, mogu uticati na značajno smanjenje rizika od negativnih uticaja dugotrajnog rada na računaru. Pored toga, prilagođavanje radnog okruženja potrebama korisnika primenom preporuka stručnjaka i upotrebom ergonomski oblikovane opreme, može se svesti rizik od pojave oštećenja i povreda na minimum. Pored toga, primena zakonske regulative je od velike važnosti za bezbedan i zdrav rad pri korišćenju opreme za rad sa ekranom, što je obaveza svakog radnika i poslodavca.

LITERATURA

[1] R. Vulović, M. Papić, D. Jugović, "Interakcija čovek računar i ergonomski problemi", Zbornik radova 6. Međunarodnog Simpozijuma Tehnologija, Informatika i Obrazovanje za društvo učenja i znanja, jun 2011.

- [2] V. Stanković, S. Ozimić, "Ergonomski faktori rizika i fizička nelagodnost korisnika laptop računara", *Psihološka istraživanja*, Vol XVII (1), pp. 19-33, 2014.
- [3] F. Karray, M. Alemzadeh, J. Saleh, M. Arab, "Human-computer interaction: Overview on state of the art", *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, 1(1), pp. 137-159, 2008.
- [4] D. Poplašen, "Sindrom karpalnog kanala", *Sigurnost*, 56 (2), pp. 167-168, 2014.
- [5] T. Cikač, R. Čop, M. Džepina, D. Drugović, I. Češljaš Keretić, B. Škvorc, "Klinički kompresivni sindrom dominantne šake kao posledica ergonomski neprimjerene pozicije rada na računaru", *XVI Kongres obiteljske medicine*, pp. 339-343, 2009.
- [6] V. Martić, J. Zidar, R. Raičević, "Savremeni klinički i neurofiziološki pristup u dijagnostikovanju karpal tunel sindroma", *Aktuelnosti iz neurologije, psihijatrije i graničnih područja*, pp. 62-69, 2004.
- [7] K. Mohamed Ali, B. W. C. Sathiyasekaran, "Computer Professionals and Carpal Tunnel Syndrome (CTS)", *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE)*, Vol. 12, No. 3, pp. 319-325, 2006.
- [8] P. T. Kim, I. D. Micić, I. H. Park, I. H. Jeon, "Endoskopsko oslobađanje karpalnog tunela modifikovanom Chowovom ekstraburzalnom tehnikom sa dva portala – klinički rezultati kod 630 pacijenata", *Medicinski Pregled*, pp. 54-60, 2007.
- [9] Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri korišćenju opreme za rad sa ekranom ("Sl. glasnik RS", br. 106/2009 i 93/2013).
- [10] B. Karas-Friedrich, "Zdravstveni rizici pri radu s računalom", *Sigurnost* 50 (4), pp. 377-384, 2008.
- [11] J. H. Andersen, M. Harhoff, S. Grimstrup, I. Vilstrup, C. F. Lassen, L. P. A. Brandt, A. I. Kryger, E. Overgaard, K. D. Hansen, S. Mikkelsen, "Computer mouse use predicts acute pain but not prolonged or chronic pain in the neck and shoulder", *Occupational and Environmental Medicine*, pp. 126-131, 2008.
- [12] J. Wahlström, "Ergonomics, musculoskeletal disorders and computer work", *Occupational Medicine*, pp. 168-176, 2005.
- [13] A. Milošević, "Procena rizika pri radu sa ekranima", *Regionalna konferencija, primenjena zaštita i njeni trendovi*, Zlatibor, 19.-21.9, 2015.

MOGUĆNOST ZA PRIMENU RAZMENJIVAČA TOPLOTE SA PERFORIRANIM
PLOČAMA KAO REKUPERATORA TOPLOTETHE POSSIBILITY OF APPLYING MATRIX EXCHANGER IN THE ENERGY
SYSTEMS OF BUILDINGS

Mladen Tomić, *Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Petar Đekić, *Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - Razmenjivači toplote vazduh-vazduh igraju važnu ulogu u sistemu ventilacije zbog potencijalne uštede toplotne energije u zgradi, jer se rekuperacijom energije mogu značajno smanjiti zahtevi za grejanjem i hlađenjem. Potreba za postizanjem visoke efikasnosti razmenjivača u maloj zapremini dovela je do razvoja razmenjivača toplote sa perforiranim pločama, odnosno kako se još nazivaju Matrix Heat Exchangers (MHE). Razmenjivači toplote sa perforiranim pločama se sastoje od niza perforiranih ploča, međusobno razdvojenih odstožnikom smeštenih u kućištu. Cilj ovog istraživanja je da se ispita mogućnost njihove kao rekuperatora toplote u ventilacionom sistemu objekta. Na osnovu Nusseltove jednačine, jednačine za efektivnost rebra, jednačine za $NTU-\epsilon$ i jednačina za pad pritiska formiran je matematički model i razmatran je proces prenosa toplote u opsegu usvojenih parametara. Na kraju rada, kao rezultat je su predstavljena je moguća oblast za primenu ovih razmenjivača uz u energetske sisteme zgrada.

Ključne reči: Energija, perforirane ploče, razmenjivači toplote, rekuperacija, zgradarstvo

Abstract - Air to air heat exchangers are playing an important role in a ventilation system due to potential energy savings of a building. Energy recovery can substantially reduce the heating and cooling requirements associated with conditioning ventilation air. The necessity of high effectiveness in a small volume has led to the development of perforated plate matrix heat exchangers (MHE). The matrix heat exchangers consist of a series of perforated plates, mutually separated by spacers and placed in a compact unit. The objective of this study was to investigate the application of matrix heat exchangers as heat recovery units in the buildings. On the basis of Nusselt correlations, $NTU-\epsilon$ equation, and pressure drop correlations the mathematical model was formed, and the heat transfer process in the range of adopted parameters was discussed. Finally, as an outcome, this paper presents possible of the MHE application in the energy systems of buildings

Key words: Buildings, energy, matrix heat exchangers, perforated plates, recuperation

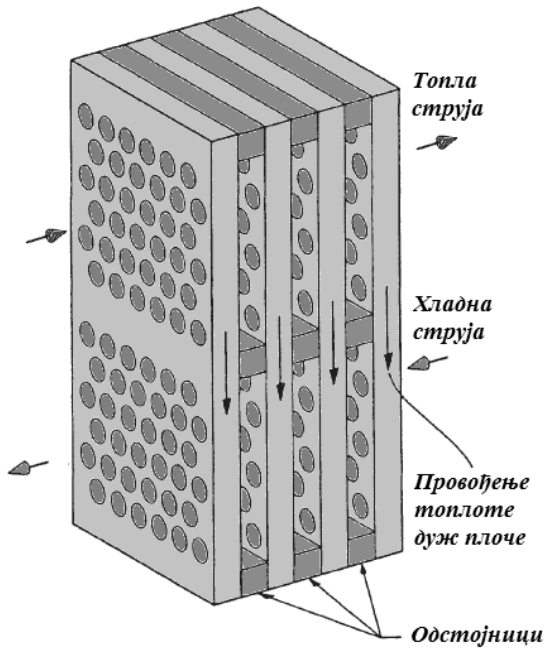
1. UVOD

Smanjenje potrošnje energije u različitim sektorima, posebno u zgradama [1], je jedan od glavnih energetskih problema u zemljama Evropske unije (EU). Zahtevi za očuvanjem energije u sektora zgradarstva je u porastu dugi niz godina u celom svetu. Danas je sektor zgradarstva odgovoran za potrošnju oko 40% primarne energije u razvijenim zemljama i za 20-40% u zemljama u razvoju [2]. U slučaju revitalizacije postojećih objekata ili u slučaju izgradnje novih, uvođenje rekuperatora toplote igra ključnu ulogu zbog moguće uštede energije [3-10].

Ventilacija ima značajan uticaj na energetske karakteristike zgrada, sa udelom od 30-60% od potrošene energije [11,12]. Sistemi centralne ventilacije imaju široku primenu u zgradama visoke energetske efikasnosti (low-energy buildings) i pasivnih zgrada iz raznih razloga, kao što su npr. uštedu energije, kvalitet vazduha, kontrola vlažnosti [13, 15]. U takvim zgradama, gubici usled ventilacije i infiltracije su značajni, jer su transmisioni gubici veoma mali. Hermetička

konstrukcija ovih objekata zahteva efikasan ventilacioni sistem, jer se samom infiltracijom ne može obezbediti higijenski minimum vazduha.

Cilj ovog rada je da se ispita mogućnost korišćenja razmenjivača toplote sa perforiranim pločama kao rekuperatora toplote u energetskom sistemu zgrade. Potreba postizanja visokg nivoa kompaktnosti razmenjivača doveo je do razvoja ovakvih razmenjivača od strane McMationa [15]. Ovi razmenjivači toplote se sastoje od paketa perforiranih ploča, čije perforacije čine strujni prostor za grejni i grejani fluid, omogućavajući visok prenos toplote u razmenjivačkoj jedinici. Ovakvi razmenjivači toplote mogu imati do 6000 m² po 1 m³ razmenjivačke površine [16,17]. Prema nekim istraživanjima upotrebom perforiranih ploča se javlja značajno unapređenje procesa prenosa toplote [18]. Dobar pregled literature se može naći u radovima Venkatarathnama i Ragaba [17,19]. Šematski prikaz ovog razmenjivača je dat na Slici 1.



Slika 1. Shema paketa perforiranih ploča

2. MATEMATIČKI MODEL

Matematički model razmjenjivača toplote se zasniva na NTU-ε relaciji, određivanju koeficijenta prelaza toplote, i relaciji za određivanje padova pritiska. Nusseltov broj za perforiranu ploču u funkciji Reynoldsovog broja može da se napiše kao

$$Nu = 0.803 \left(\frac{p}{d} \right)^{0.429} Re^{0.524}, 50 \leq Re \leq 500. \quad (1)$$

za perforirane ploče poroznosti od 10 do 50%. Karakteristična dužina u Reynoldsovom i Nusseltovom broju p predstavlja rastojanje između osa otvora [20,21]. Reynoldsov broj je definisan u funkciji brzine slobodne struje vazduha w ispred ploče kao

$$Re = \frac{wp}{\nu} \quad (2)$$

i Nusseltov broj kao

$$Nu = \frac{\alpha p}{\lambda} \quad (3)$$

Uticaj broja ploča na Nusseltov broj za paketu perforiranih ploča Nu_{pack} se određuje kao

$$Nu_{pack} = C Nu. \quad (4)$$

gde C predstavlja uticaj broja ploča. Studije su pokazale da je za paket od pet i više ploča koeficijent prelaza prestaje da raste i postaje praktično konstanta, i kao što bi se moglo očekivati teži vrednosti koeficijenta prenosa toplote unutrašnje ploče [21,22]. Prema tome, za pakete sa pet i više ploča koeficijent C je jednaka

$$C = 5.10^{(0.56 + \frac{51.36}{Re})} \quad (5)$$

Takođe, uočeno je da rastojanje između ploča u opsegu od 0,5 do 1 vrednosti prečnika perforacije nema uticaj na proces prenosa toplote [21]. Efektivnost procesa prenosa toplote određuje se po izrazu za efektivnost rebra, odnosno perforirane ploče može se izračunati na sledeći način

$$\eta = \frac{\tanh(ml)}{ml}, \quad (6)$$

gde je m

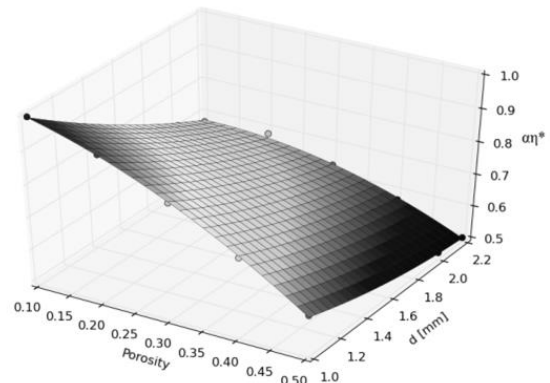
$$m^2 = \frac{\alpha U}{\lambda_{eq} f}. \quad (7)$$

Član λ_{eq} predstavlja ekvivalentnu konduktivnost perforirane ploče i može se odrediti po izrazu Lorda Rayleigha i Maxwella [23] i iznosi

$$\frac{\lambda_{eq}}{\lambda} = \frac{1 - \sigma}{1 + \sigma} \quad (8)$$

gde je σ poroznost perforirane ploče. Odnos obima U i površine poprečnog preseka f u jednačini 7 varira duž preseka i stoga je potrebno koristiti srednju vrednost [24].

Na osnovu jednačina 1, 6, 7, 8 moguće je odrediti maksimalnu vrednost proizvoda efektivnosti i koeficijenta prelaza toplote za perforiranu ploču. Analiza je pokazala da je η nezavisno od Reynoldsovog broja, ali zavisi od poroznosti i prečnika perforacije. Rezultati analize su predstavljeni na Slici. 2. Kao što se vidi porast proizvoda koeficijenta prelaza toplote i efektivnosti prenosa toplote se javlja za manje prečnike perforacije i za manje poroznosti ploče



Slika 2. Uticaj poroznosti i prečnika otvora na proces prenosa toplote

Efikasnost razmjenjivača toplote se obično definiše kao

$$\varepsilon = \frac{q}{q_{max}} \quad (9)$$

gde je veličina q_{max} maksimalna količina toplote koja se može razmeniti između fluida. Za bilo koji razmjenjivač toplote se za efikasnost može napisati da zavisi od broja jedinica prenosa toplote NTU i C_r

$$\varepsilon = (NTU, C_r) \quad (10)$$

gde je C_r odnos između C_{min} i C_{max} (minimuma i maksimuma proizvoda masenog protoka i toplotnih kapaciteta dva

fluida u razmenjivaču toplote - $\dot{m}_1 c_1$ i $\dot{m}_2 c_2$). Metod broja jedinica prenosa toplote - NTU se koristi za izračunavanje stope razmene toplote i definiše se kao

$$NTU = \frac{UA}{C_{\min}} \quad (11)$$

Koeficijent prolaza toplote u razmenjivaču između dva fluida (indeksiranim kao 1 i 2) se računa na sledeći način [21]:

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{\alpha_1 A_1 \eta_1} + \frac{1}{\alpha_2 A_2 \eta_2} \quad (12)$$

Shodno [21] jednačine za konvencionalne razmenjivače toplote se mogu primeniti na razmenjivače toplote sa perforiranim pločama. U slučaju balansiranog protoka $NTU-\epsilon$ se uprošćuje u

$$\epsilon = \frac{NTU}{1 + NTU} \quad (13)$$

Pad pritiska u razmenjivaču sa perforiranim pločama zavisi od sledećih parametara [21]:

- poroznosti ploče;
- brzine fluida;
- i broja ploča.

Pad pritiska se može izračunati odvojeno za svaku od oblasti toka fluida: pad pritiska ispred perforirane ploče usled suženja strujnog prostora, pad pritiska unutar perforacija usled strujanja kroz kratke cevi, i pad pritiska iza perforirane ploče usled proširenja strujnog prostora. Ukupan pad pritiska za paket perforiranih ploča je jedna zbiru padova pritiska za za svaku ploču pojedinačno [21].

3. REZULTAT I DISKUSIJA

Za analizu su usvojene sledeće veličine:

- Kapacitet rekuperatora od 500 do 3000 m³ na sat;
- veličina strujnog preseka od 0,7x0,75 m do 1,5x1,5 m;
- prečnik perforacije - 1 mm;
- debljina ploče - 2 mm;
- poroznost ploče - 10%;
- broj ploča u paketu od 5 do 50.

Krajnji cilj u analizi je da se ostvari minimalna efikasnost sa minimalnim padom pritiska. U tabeli 1 su dati rezultati analize efikasnosti razmenjivača toplote u zavisnosti od strujnog preseka, broja ploča u paketu i protoka vazduha. Iz izloženog se vidi, da ako bi kao granicu za maksimalni pad pritiska usvojili do 1000 Pa, u tom slučaju bi znatniju efikasnost dobili za slučaj strujnog preseka od 1,5x1,5 m, pri čemu bi se sa paketom od 30 ploča dobio pad pritiska od 1000 Pa i efikasnost od 19.9%. Međutim, za povećanje efikasnosti procesa razmene toplote, i smanjenje padova pritiska za jedan red veličine, bilo bi potrebno izvršiti detaljniju optimizaciju geometrije perforirane ploče i paketa.

Tabela 1. Prikaz rezultata efikasnosti prenosa toplote

0,7x0,7 m				
	Protok vazduha u m ³ /h			
Br. pl.	500	1000	2000	3000
5	5,0%	8,4%	11,5%	13,1%
10	9,5%	15,4%	20,6%	23,2%
20	17,4%	26,7%	34,1%	37,7%
50	34,4%	47,7%	56,4%	60,2%
1,0x1,0 m				
5	1,9%	4,9%	8,3%	10,1%
10	3,8%	9,3%	15,3%	18,4%
20	7,2%	17,1%	26,5%	31,1%
50	16,3%	34,0%	47,4%	53,0%
1,5x1,5 m				
5	0,2%	1,5%	4,3%	6,3%
10	0,4%	3,0%	8,3%	11,8%
20	0,8%	5,8%	15,3%	21,2%
50	2,1%	13,4%	31,2%	40,2%

Tabela 2. Prikaz rezultata padova pritiska

0,7x0,7 m				
	Protok vazduha u m ³ /h			
Br. pl.	500	1000	2000	3000
5	228,1	912,5	3649,8	8211,9
10	445,4	1781,5	7125,7	16032,8
20	879,9	3519,5	14077,7	31674,6
50	2183,4	8733,5	34933,5	78600,0
1,0x1,0 m				
5	54,8	219,1	876,3	1971,7
10	106,9	427,7	1710,9	3849,5
20	211,3	845,1	3380,1	7605,2
50	524,3	2097,0	8387,7	18872,1
1,5x1,5 m				
5	10,8	43,3	173,1	389,5
10	21,1	84,5	338,0	760,4
20	41,7	166,9	667,7	1502,3
50	103,6	414,3	1656,9	3727,9

3. ZAKLJUČAK

Cilj ovog istraživanja bio je da se ispita mogućnost za primenu razmenjivača toplote sa perforiranim pločama kao jedinica za rekuperaciju toplote u zgradama. Na osnovu Nusseltovih korelacija, jednačine $NTU-\epsilon$, i izraza za određivanje padova pritiska urađena je analiza procesa prenosa toplote u paketu perforiranih ploča. Prvo, utvrđeno je uticaj poroznosti o procesu prenosa toplote jedne perforirane ploče, određen je koeficijent prelaza toplote i efektivnost prenosa toplote za tu geometriju i na osnovu dobijenih rezultata izvršena je $NTU-\epsilon$ analiza. Konačni rezultati su pokazali da paket perforiranih ploča može da ima značajnu efikasnost, ali značajni padovi pritiska predstavljaju ograničavajući faktor za širu primenu, tako da je potrebna dalja analiza geometrije faktora na transportne procese.

LITERATURA

- [1] EU-Directive 2010/31/EC of the European Parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). Official Journal of the European Union, 153 (2010), pp. 13-35.
- [2] Mardiana, A., Riffat, S.B., Review on physical and performance parameters of heat recovery systems for building applications. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, (2013), 28, pp. 174–190.
- [3] Valancius, R.; Jurelionis, A.; Dorosevas, V., Method for cost-benefit analysis of improved indoor climate conditions and reduced energy consumption in office buildings. *Energies* (2013), 6(9), pp. 4591–4606.
- [4] Airaksinen, M., Energy use in day care centers and schools. *Energies* (2011), 4(6), pp. 998–1009.
- [5] Tommerup, H., Svendsen, S., Energy savings in Danish residential building stock. *Energy Build.* (2006), 38(6), pp. 618–626.
- [6] Rasouli, M., Simonson, C.J., Besant, R.W., Applicability and optimum control strategy of energy recovery ventilators in different climatic conditions. *Energy Build.* (2010), 42(9), pp. 1376–1385.
- [7] Leone, C., Liberati, P., Designing the comfort and the energy savings through the heat recovery use. In *Proceedings of the AICARR National Conference 2014*, Padua, Italy, 2014.
- [8] Dall’O’, G., Belli, V., Brolis, M., Mozzi, I. Fasano, M., Nearly Zero-Energy Buildings of the Lombardy Region (Italy), a Case Study of High-Energy Performance Buildings. *Energies* (2013), 6(7), pp. 3506–3527.
- [9] Airaksinen, M., Matilainen, P. A., Carbon Footprint of an Office Building. *Energies* (2011), 4, pp. 1197–1210.
- [10] De Antonellis, S., Intini, M., Joppolo, C.M., Leone, C., Design Optimization of Heat Wheels for Energy Recovery in HVAC Systems, *Energies* (2014), 7(11), pp. 7348-7367
- [11] Dodoa A., Gustavssona L., Sathrea R., Primary Energy Implications of Ventilation Heat Recovery in Residential Buildings. *Energy a. Build.*, (2011), 43(7), pp. 1566–1572.
- [12] Babota, F., Mechanical ventilation systems heat recovery for refurbishment projects and new buildings, *Buletinul Institutului Politehnic Din Iași*, (2014), 60(2), pp. 39-49.
- [13] Michael, K., Eichhorn, S., Lux, S., Schmid, K. and Kramp, M., Effizienz von Lüftungsanlagen in Niedrigenergie-Häusern in NRW, Final Report of the Project 253 146 98 of the AG-Solar, North-Rhine Westphalia, Detmold: Niedrig-Energie-Institut GbR and Fachhochschule Lippe, 2000.
- [14] Gieseler, U.D.J., Bier, W., Heidt F.D., Cost efficiency of ventilation systems for low-energy buildings with earth-to-air heat exchange and heat recovery, *Proceedings of the Intern. Conference on Passive and Low Energy Architecture (PLEA)*, Toulouse, 2002.
- [15] McMahan, H.O., Bowen R.J., Bleye Jr., G.A., A Perforated Plate Heat Exchanger. *Trans ASME.*, (1950) 72, pp. 623-632.
- [16] Krishnakumar, K., Venkataratham, G., Transient Testing of Perforated Plate Matrix Heat Exchangers. *Cryogenics* (2003), 43(2), pp. 101-109.
- [17] Venkataratham, G., Sarangi, S. Matrix Heat Exchangers and their Application in Cryogenic System. *Cryogenics* (1990), 30(11), pp. 907-918.
- [18] Bannon, J.M., Piersal, Jr., C.H., Puci, P.F., Heat Transfer and Flow Friction Characteristics of Perforated Nickel Plate-Fin Type Heat Transfer Surfaces, Technical report no. 52, United States Naval Postgraduate School, Monterey, Cal., USA, 1965
- [19] Ragab, M. M., Transport Phenomena in Fluid Dynamics: Matrix Heat Exchangers and their Applications in Energy Systems, Report No. Afri-rx-ty-tr-2010-0053, Air Force Research Laboratory Materials and Manufacturing Directorate, Tyndall Air Force Base, Panama City, USA, 2009.
- [20] Tomić, M., Vukić, M., Živković, P., Stevanović, Ž., Čirić, I., Experimental investigation of thermal and fluid flow processes in a perforated plate heat exchanger, *Acta Technica Corvinensis - Bulletin of Engineering* (2016), 9(1), pp. 117-120.
- [21] Tomić, M., Experimental and Numerical research of Thermal and Flow Process in the Package of Perforated Plates (in Serbian), Ph. D. thesis, University of Niš, Niš, Serbia, 2015
- [22] Tomić, M.A., Živković, P.M., Vukić, M.V., Stevanović, Ž.Ž., Milutinović, B.B., Experimental and Analytical Research of the Heat Transfer Process in the Package of Perforated Plates, 17th Symposium on Thermal Science and Engineering of Serbia - SIMTER 2015, ISBN 978-86-6055-076-9, pp. 97 - 104, Sokobanja, Serbia, October 2015.
- [23] Rayleigh, Lord Sec. R.S., On the Influence of Obstacles Arranged in a Rectangular Order Upon The Properties Of Medium, *Philosophical Magazine Series 5* (1882), 34(211), pp. 481-502.
- [24] Tomić, M., Živković, P., Vukić, M., Ilić, G., Ayed, S., The methodology for determination of perforated plate heat transfer coefficient, *International Conference Powerplants 2014*, Zlatibor, Serbia, 2014.

PRIMENA METODA BEZ RAZARANJA ZA DETEKCIJU KOROZIJE

USE OF NON-DESTRUCTIVE METHODS FOR DETECTION OF CORROSION

Slađana Nedeljković, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš*

Sadržaj - U ovom radu su prikazane metode bez razaranja koje se koriste za detekciju oštećenja materijala, koja su nastala kao posledica korozije ili mehaničkog uticaja. Predstavljene metode procenjuju celovitost sistema ili određene komponente bez uticaja na njihove performanse, oblik, funkciju ili karakteristike. Rezultati ispitivanja prikazuju parametre u vidu stanja materijala u smislu oštećenja, pa se dati rezultati mogu koristiti u daljim aktivnostima. Ipak, svaka od prikazanih metoda ima svoje prednosti i mane, kao i neophodne zahteve, kako bi se ispitivanje izvelo na pravilan način i dobili kvalitetni i merljivi rezultati.

Ključne reči: Korozija. Detekcija. Metode bez razaranja.

Abstract – This paper presents non-destructive methods for detection of defect in material that is occurring as a result of corrosion or mechanical influences. The presented methods evaluate the integrity of the system or specific component without effect on its performance, shape, function or characteristics. Results of inspection show parameters in the form of state of the material in terms of defects, so given results can be used in further activities. However, every method has own advantages and disadvantages, as well as necessary requirements, in order to perform the inspection properly and obtain quality and measurable results.

Key words: Corrosion. Detection. Non-destructive methods.

1. UVOD

Korozija je oblik oštećenja koji prati čovečanstvo od početka upotrebe metala pre nekoliko hiljada godina. Proces korozije se često odvija u skrivenim uslovima i ne obraća se velika pažnja na njega sve do otkaza određene komponente ili čitavog sistema. Iako postoje mnogi načini za sprečavanje šteta nastalih kao posledica korozije, optimalna metoda monitoringa koja uključuje aktivnosti ispitivanja u cilju rane dijagnoze problema korozije, nameće se kao jedno od najboljih i najjeftinijih rešenja. Međutim, ovakvo rešenje nije uvek potpuno izvodljivo i finansijski opravdano. Na primer, sistemi za eksploataciju nafte i gasa koji su raspoređeni u udaljenim oblastima i na velikim dubinama ili cevovodi koji se nalaze na mestima gde vladaju surovi vremenski uslovi, nisu uvek dostupni za ispitivanja ili su ispitivanja u takvim uslovima veoma ograničena i skupa.

Degradacija materijala se uglavnom odvija na tri načina: korozijom, lomom i habanjem. Pod korozijom (lat. *corrodere* - nagrizati) se podrazumeva neželjeno razaranje materijala koje nastaje pri fizičko-hemijskom ili elektrohemijskom dejstvu sa okolnom sredinom [1]. Pokretačka sila koja izaziva pojavu korozije na metalu je prirodna posledica postojanja metala u "metalnom obliku". Količina energije potrebna za dobijanje metala iz rude je ista ona koja se oslobađa u toku procesa hemijske reakcije koja dovodi do korozije. Međutim, količina energije se razlikuje za različite vrste metala – realitvno je visoka za metale kao što su magnezijum, aluminijum i gvožđe a relativno niska za bakar, srebro i zlato [1, 2].

U ovom radu su prikazane neke od metoda bez razaranja koje se koriste za detekciju oštećenja nastalih kao posledica delovanja korozije, mehaničkih naprezanja ili drugih faktora. S obzirom da korozija predstavlja jedan od značajnih problema kod raznih sistema i njihovih komponenti, monitoringom kritičnih tačaka i oblasti se može proceniti stanje komponente ili celog sistema i preduzeti aktivnosti koje će sprečiti veća oštećenja i pojavu otkaza. Monitoring, između ostalih aktivnosti, može uključiti i ispitivanje metodama bez razaranja, koje daju mogućnost procene celovitosti sistema ili njegove komponente bez uticaja na njegove performanse, oblik, funkciju, itd. Rezultati ispitivanja pružaju informacije o stanju materijala u smislu prisustva korozije ili druge vrste oštećenja, što omogućava planiranje daljih aktivnosti.

2. MERE ZA PRAĆENJE, KONTROLU I ZAŠTITU OD KOROZIJE

U cilju zaštite određene komponente i/ili celog sistema od korozije, važno je sprovesti mere koje obuhvataju praćenje i kontrolu korozije, a zatim, po potrebi i primeniti odgovarajuću zaštitu od korozije. Aktivnosti u okviru mera praćenja, kontrole i zaštite od korozije podrazumevaju:

- kontrolu operativnih (radnih) uslova;
- izbor materijala;
- poznavanje karakteristika procesa eksploatacije materijala;
- primena susptanci sa neutralizacionim ili inhibitor-skim dejstvom;

- primena odgovarajuće zaštite;
- monitoring koji će potvrditi da li su postignuti željeni rezultati.

U zavisnosti od aspekta koji se primenjuje, metode zaštite metala od korozije su svrstane u metode:

- pravilnog odabira materijala, gde se vrši izbor i primena konstrukcionih materijala sa povećanom korozivnom otpornošću,
- pravilnog konstruisanja i eksploatacije metalnih konstrukcija, koje se zasnivaju na teoriji procesa sa uzimanjem u obzir mogućih mehanizama interakcije metala i okolne sredine,
- pripreme radne sredine, koje pre svega podrazumeva smanjenje njene korozivne aktivnosti,
- nanošenje zaštitnih prevlaka, na organskoj i neorganskoj osnovi, kao i metalnih prevlaka različitih vrsta i debljina,
- primenom različitih vrsta zaštita (katodna, anodna, itd.).

Pored toga, praćenje stanja materijala u smislu detekcije korozije je od velike važnosti za pouzdanost određenog sistema ili njegove komponente, da bi se postigla dva osnovna cilja:

1. Dobijanje informacija o pojavi i postojanosti korozije i njenom napredovanju - one doprinose poboljšanju koncepcije održavanja i omogućavaju ograničenje broja pregleda stanja pri zaustavljanju naročito osetljivih delova,
2. Dovodjenje radnih uslova čitavog tehničkog sistema na stepen sa minimalnim napredovanjem korozije. To se izvodi pomoću korelacije rezultata praćenja stanja i radnih parametara i primenom dobijenih podataka u vođenju procesa.

3. METODE ISPITIVANJA BEZ RAZARANJA

Jedan od načina za praćenje stanja materijala, odnosno za detekciju pojave korozije je korišćenje metoda ispitivanja bez razaranja. Ove metode daju mogućnost procene celovitosti sistema ili njegove komponente bez uticaja na njegove performanse. Primenom ovih metoda dobijaju se informacije o predmetu ispitivanja bez narušavanja njegovog oblika, strukture, funkcije, itd. Dobijene informacije, odnosno rezultati ispitivanja, predstavljaju parametre stanja materijala, odnosno predmeta ispitivanja u smislu prisustva korozije, oštećenja, defekata, loma, itd. [2]. Metode bez razaranja se upotrebljavaju u industriji za proveru karakteristika i kvaliteta proizvoda, ali i u okviru procesa redovnih održavanja [3].

U osnovne metode ispitivanja bez razaranja spadaju [4]:

- Vizuelno ispitivanje,
- Ispitivanje penetrantima,
- Ispitivanje magnetsnim česticama,
- Ispitivanje ultrazvukom,
- Radiografsko ispitivanje,
- Termografsko ispitivanje.

Iako svaka metoda ispitivanja bez razaranja zavisi od osnovnih principa na kojima se bazira, rezultati ispitivanja

zavise od praćenja više karakterističnih parametara predmeta ispitivanja [2, 4]:

- materijal (feromagnetni, nemagnetni, metalni, nemetalni),
- oblik i dimenzije,
- stanje (termički obrađen ili dr.),
- brzina ispitivanja,
- način izrade (livenje, kovanje, zavarivanje, lepljenje, itd.),
- stanje površine (hrapavost, sa prevlakom ili bez, itd.),
- način upotrebe (pod stalnim ili povremnim opterećenjima, specijalni uslovi),
- ljudski faktor.

3.1 VIZUELNA METODA

Metoda vizuelnog ispitivanja je nastariji i najčešći vid ispitivanja bez razaranja. Ova metoda predstavlja relativno brz i ekonomičan način za detekciju različitih vrsta oštećenja pre mogućeg otkaza. Princip ove metode se zasniva na vizuelnom pregledu ispitivane površine u cilju identifikacije oštećenja u vidu korozije, loma ili drugih vrsta [2]. Ova ispitivanja se vrše u uslovima jakog osvetljenja, pomoću rotacionog ogledala i instrumenta za uvećanje od 1.5 do 2000 puta (Sl. 1) [5].



Slika 1. Vizuelno ispitivanje.

Međutim, ova metoda može utvrditi oštećenja samo na površinama predmeta ispitivanja i samo kada je moguće pristupiti predmetu ispitivanja. Pored toga, vizuelna ispitivanja je moguće vršiti i u toku eksploatacije predmeta. Međutim, često se ispitivanja ovakve vrste rade i u ciklusima, gde se nakon ciklusa eksploatacije vrši ispitivanje predmeta, a zatim on vraća u eksploataciju i nakon određenog vremena se vrši ponovno ispitivanje vizuelnom metodom.

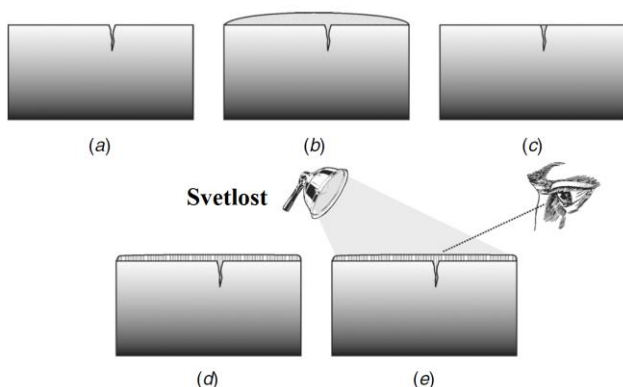
Rezultati ispitivanja vizuelnom metodom u većoj meri zavise od sposobnosti i iskustva ispitivača. Zbog toga, ispitivač mora posedovati znanje o potencijalnim kritičnim tačkama oštećenja, identifikovati ih i izvršiti njihovo ispitivanje na odgovarajući način. Nedostatak metode vizuelnog ispitivanja je, pre svega, subjektivnost posmatrača, odnosno ispitivača, neophodnost čiste površine koja se ispituje, mogućnost pojave intenzivnog ispitivanja koje može dovesti do pojave gre-

šaka uzrokovanih umorom ispitivača. Ova metoda daje kvalitativne rezultate, odnosno ne daje kvantitativne procene oštećenja i gubitka materijala. Međutim, prednosti ove metode se ogledaju u relativno kratkom vremenu koje je potrebno za ispitivanje, nepotrebnost korišćenja specijalnih instrumenata i uređaja koji mogu biti veoma skupi, mogućnost ispitivanja u toku eksploatacije, što značajno utiče na cenu samog ispitivanja [4].

3.2 METODA ISPITIVANJA PENETRANTIMA

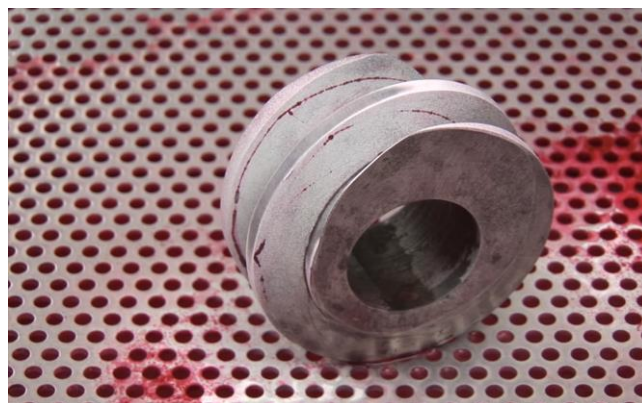
Ispitivanje pentrantima je vrsta ispitivanja koja omogućava detekciju oštećenja u vidu pukotina, laminacija i zona poroznosti na površini predmeta ispitivanja. Detektovana oštećenja mogu nastati kao posledica prisustva korozije ili određenog opterećenja i mogu biti detektovana samo ako se nalaze na površini predmeta ispitivanja. Ova metoda se može koristiti za kapilarna oštećenja na površini i ne zahteva upotrebu nikakvih uređaja, čime spada u relativno jeftine metode ispitivanja bez razaranja.

Metoda ispitivanja penetrantima se bazira na prodiranju tečnosti u oštećenja na površini predmeta ispitivanja. Nakon pripreme, tj. detaljnog čišćenja površine, vrši se nanošenje tečnog penetranta obično prelivanjem ili potapanjem predmeta ispitivanja. Posle toga, suvišna tečnost se uklanja sa površina pri čemu penetrant ostaje u oštećenjima. Međutim, da bi se penetrant video, a time i detektovala oštećenja, nanosi se razvijajući. Uloga razvijajuća je da penetrant "izvuče" iz oštećenja na površinu predmeta ispitivanja i time obezbedi laku vidljivost oštećenja. Nakon izvršenog ispitivanja i analize rezultata, vrši se čišćenje površine [3]. Osnovne faze metode ispitivanja penetrantima su prikazane na slici 2.



Slika 2. Osnovne faze ispitivanja penetrantima: (a) uzorak pre ispitivanja; (b) nanošenje tečnog penetranta; (c) uklanjanje suvišne tečnosti; (d) nanošenje razvijajuća; (e) pregled i analiza rezultata [2].

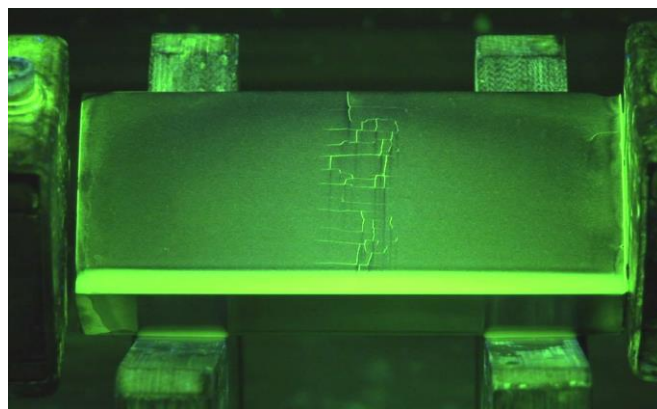
Zbog bolje uočljivosti, tečnost može imati fluorescentnu komponentu [6], mada je obično crvene boje a tretirana površina može da se posmatra pod prirodnim ili veštačkim svetlom (Slika 3). Ova metoda se može upotrebiti za predmete bilo kojih oblika i veličine. Glavni nedostatak ove metode je da se može koristiti samo kod površinskih oštećenja, dok se za oštećenja ispod površine moraju koristiti druge metode ispitivanja. Pored toga, hrapavost površine i poroznost materijala može uticati na detektovanje nepostojećih oštećenja [4]. Međutim, to se može nadomestiti vizuelnim pregledom stručnog i iskusnog ispitivača.



Slika 3. Detekcija oštećenja – boja penetranta je crvene boje, a time i oštećenje, u uslovima prirodnog osvetljenja.

3.3 METODA ISPITIVANJA MAGNETNIM ČESTICAMA

Ispitivanje magnetnim česticama je metoda bez razaranja za ispitivanje površinskih i podpovršinskih oštećenja dubine 2-4mm i može se koristiti kod komponenti koje imaju feromagnetna svojstva. Ova metoda je bazirana na tome da kada se predmet ispitivanja namagnetiše, prekidi koji leže u pravcu upravno (ili približno upravno) na pravac magnetnog polja dovode do formiranja "polja curenja". To polje curenja predstavlja "narušavanje" magnetnog polja i ukazuje na to da u tom delu može postojati neko oštećenje. Ovo polje curenja postoji i iznad površine predmeta ispitivanja a njegovo prisustvo može biti detektovano upotrebom finih magnetnih čestica. Nanošenjem magnetnih čestica u suvom ili vlažnom obliku na površinu predmeta ispitivanja, dolazi do sakupljanja tih magnetnih čestica upravo u polju curenja. Oblast u kojoj je se nalazi veća količina magnetnih čestica ukazuje na lokaciju, veličinu i oblik oštećenja (Slika 4) [3]. Namagnetišanost se može postići upotrebom permanentnih magneta u terenskim uslovima i na licu mesta, a i elektromagneta kada postoji izvor električne struje ili kada je potrebno menjati jačinu magnetnog polja. Međutim, ako je pravac prostiranja oštećenja (pukotine, loma, i sl.) paralelan linijama magnetnog polja, tu postoji malo "narušavanje" magnetnog polja, pa je moguće da oštećenje neće biti detektovano. Zbog toga, preporučuje se da se predmet ispitivanja namagnetiše u dva pravca (pod uglom od 90°), čime se postiže veća tačnost ispitivanja. Takođe, moguće je koristiti i rotaciono magnetno polje kako bi svi pravci oštećenja mogli biti detektovani [2].



Slika 4. Detekcija oštećenja metodom magnetnih čestica pod UV svetlom

Magnetne čestice koje se upotrebljavaju u ovoj metodi ispitivanja bez razaranja mogu biti od feromagnetnih materijala niske remanentnosti i obično su to oksidi metala u prahu sa crnim i crvenim pigmentima. Zbog bolje vidljivosti čestica, a samim tim i oštećenja pod UV svetlom, magnetne čestice se često oblažu fluorescentnom komponentom u plavo-zelenoj ili žuto-zelenoj boji (Slika 4) [3].

U zavisnosti od toga u kom stanju se nanose na predmet ispitivanja, magnetne čestice se mogu podeliti na one u suvom i vlažnom stanju. Suve čestice se nanose u vidu mešavine čestica i vazduha ili nekog gasa, pomoću kompresora ili raspršivača, ne pod direktnim pritiskom na površinu predmeta ispitivanja, jer u tom slučaju se čestice neće pozicionirati u poljima curenja. U slučaju upotrebe suvih čestica, površina predmeta ispitivanja mora biti čista kako bi se detektovala realna oštećenja. Upotreba suvih čestica je veoma korisna za prenosivu opremu i podobna je za ispitivanja hrapave površine. Za razliku od suvih čestica, čestice u vlažnom stanju se nanose u rastvoru čestica i određene tečnosti – obično vode ili tečnosti na bazi naftnih derivata [3]. Upotreba ovakvog rastvora omogućava magnetnim česticama da se kreću po celoj površini predmeta ispitivanja i zadrže se tamo gde postoje oštećenja, čime se povećava kvalitet ispitivanja i tačnost rezultata. U poređenju sa suvim česticama, upotreba vlažnih čestica je lakša i ne zahteva veoma čistu površinu predmeta ispitivanja jer tečnost koja se koristi u rastvoru može biti i na bazi nafte. Međutim, u toku ispitivanja sa vlažnim česticama, potrebne su posebne mere predostrožnosti protiv trovanja i požara.

Metoda magnetnih čestica ima široku primenu u detekciji kako manjih, tako i većih oštećenja, međutim ne može se koristiti za detekciju oštećenja koja nisu površinska i kod materijala koji nemaju izražena feromagnetna svojstva, kao što su npr. aluminijum, bakar ili austentni nerđajući čelik. Ova metoda se takođe koristi kod detekcije oštećenja na zavarenim spojevima i prugama, kao i kod oštećenja izazvanim zamorom materijala [2, 5]. Međutim, veoma važni parametri za ispitivanje su veličina magnetnih čestica (zavisi od proizvođača), karakteristike materijala od kog je izrađen predmet ispitivanja, kao i stanje površine koje se ispituje [2, 4].

4. ZAKLJUČAK

Oštećenja sistema ili bilo koje njegove komponente mogu izazvati smanjenje performansi, pa i otkaz, što dalje vodi prestanku procesa i finansijskim gubicima. Zbog toga je potrebno da se pravovremeno vrše ispitivanja koja uključuju monitoring stanja i detektovanje eventualnih oštećenja materijala.

U ovom radu su predstavljene neke od metoda bez razaranja koje se mogu koristiti za detekciju oštećenja nastalih pod uticajem korozije i mehaničkih faktora. Kao jedna od najstarijih metoda ove vrste, vizuelna metoda predstavlja najbrži, najlakši i najjeftiniji način za detekciju oštećenja, jer ne zahteva posedovanje opreme za ispitivanje. Međutim, ova metoda se može primeniti samo na oštećenjima koja su na površini materijala i zavisi od znanja i iskustva ispitivača, odnosno subjektivnog je karaktera. Sa druge strane, metoda ispitivanja penetrantima zahteva odgovarajuće supstance za detekciju oštećenja, ali ne zavisi previše od ispitivača. Ipak, i ova metoda se može koristiti samo za površinska oštećenja, pri čemu hrapavost površine može uticati na detektovanje nepostojećih oštećenja. Metoda ispitivanja magnetnim česticama se može upotrebiti samo kod materijala koji imaju feromagnetne osobine. Pored toga, ova metoda zahteva posedovanje opreme u vidu permanentnih magneta ili elektromagneta, a u slučaju korišćenja suvih čestica, odgovarajući kompresor ili raspršivač. Međutim, kod upotrebe vlažnih čestica, površina koja se ispituje ne mora biti potpuno čista kao što je to slučaj sa prethodno navedenim metodama, ali zahteva sprovođenje posebnih mera protiv trovanja i požara. Iako postoji puno metoda bez razaranja koje se mogu koristiti za detekciju oštećenja materijala nastalih kao posledica korozije i mehaničkih faktora, svaka metoda ima svoje prednosti i nedostatke, pa je često slučaj da se u okviru ispitivanja vrši kombinovana upotreba više metoda u cilju dobijanja boljih i kvalitetnih rezultata.

LITERATURA

- [1] Jones D. A., *Principles and prevention of corrosion*, NJ: Prentice-Hall, Inc. 1996.
- [2] Roberge P. R., *Corrosion Inspection and Monitoring*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2007.
- [3] Hull B., John, V., *Non-destructive testing*, London: MacMillan Education LTD 1988.
- [4] Roberge P. R., *Handbook of Corrosion Engineering*, The McGraw-Hill Companies, Inc. 1999.
- [5] National Academy of Sciences, *Rail Base Corrosion Detection and Prevention*, ISBN 978-0-309-43182-8.
- [6] Van Hoyer M., *Fluorescent Penetrant Crack Detection*, Patent Number: 4,621,193, United States Patent: 1986.

PRIMENA CAD SOFTVERA U PROCESU PROJEKTOVANJA MEDICINSKIH UREĐAJA

UTILIZATION OF CAD SOFTWARE IN DESIGN PROCESS OF MEDICAL DEVICES

Milan Pavlović, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Miloš Ristić, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U ovom radu je predstavljena primena CAD softvera u procesu projektovanja medicinskih uređaja na primerima sistema za filtraciju krvi i sistema za postepeno istiskivanje produkata krvi iz transfuzionih kesu. Prvo je izvršeno funkcionalno definisanje u saradnji sa stručnim medicinskim osobljem. Nakon toga, u skladu sa zahtevima, upotrebom CAD softvera su izrađeni 3D modeli uređaja. Na osnovu modela i projektne dokumentacije, medicinski uređaji su proizvedeni i testirani u eksploatacionim uslovima. Rezultati testiranja su pokazali da je izvršeno pravilno definisanje funkcije uređaja i dimenzionisanje sklopova.

Ključne reči: CAD. Medicinski uređaj. Filtracija i istiskivanje krvi.

Abstract - This paper presents an application of CAD software in the design process of the medical devices on examples of blood filtration system and system for the gradual extrusion of products from the blood transfusion bags. At first, definition of functional cooperation with professional medical staff was carried out. After that, in accordance with the requirements, with the use of CAD software 3D models of the device are made. Based on the model and design documentation, medical devices are manufactured and tested in exploitation conditions. Test results showed that defining of the functions of the device and the dimensioning of assemblies were performed properly.

Key words: CAD. Medical device. Blood filtration.

1. UVOD

Standardna procedura u procesu transfuzije je separacija, odnosno filtracija cele krvi čime se dobijaju njene komponente [1]. Pod terminom cele krvi, u transfuziji se podrazumeva krv čoveka koja je dobijena u postupku doniranja krvi. Proces filtracije krvi se vrši standardnom metodom koja je zasnovana na centrifugalnoj sili. Ova tehnika zahteva korišćenje veoma skupe opreme sa pratećim elementima, što može dodatno usložiti proces filtracije [2]. Međutim, u cilju rešavanja ovog problema centrifugalne filtracije, postoje mnoga rešenja koja koriste silu gravitacije za isti proces [3, 4]. Pored toga, u procesu filtracije krvi potrebno je obezbediti da se proces odvija tako što se krv pretače iz jedne kesu u drugu pomoću creva koje spaja kesu. U tom crevu se nalazi poseban filter koji vrši filtriranje odnosno separaciju produkata krvi. Međutim, u tom procesu potrebno je obezbediti i konstantan pritisak u kesu iz koje se vrši odvođenje krvi, u toku dužeg vremenskog perioda [5].

Primena uređaja koji obezbeđuju bolje, brže i lakše opsluživanje pacijenata je u stalnom porastu. Takvi uređaji imaju značajnu primenu u medicini, posebno u oblastima hirurģije, rehabilitacije, radiografije, ortopedije, itd. Sa druge strane, razvoj i projektovanje uređaja koji se koriste u medicinskim uslovima može biti otežano zbog veoma rigoroznih pravila u vezi materijala koji se koriste, specifičnih uslova eksploatacije, itd. Zbog toga, primena CAD softvera, koji omogućavaju

virtuelnu izradu prototipova, jeste od velike važnosti za proces projektovanja ovakvih specifičnih uređaja [6-9]. S obzirom da ovakvi softveri omogućavaju izmenu delova ili čitavog sklopa bez izrade prototipova, njihovom upotrebom se smanjuju vreme projektovanja i troškovi izrade samog uređaja, jer su sve neophodne izmene vršene na virtuelnom modelu.

U ovom radu je prikazana primena CAD softvera u procesu projektovanja medicinskih uređaja na primerima sistema za filtraciju krvi i sistema za postepeno istiskivanje produkata krvi iz transfuzionih kesu. Prema zahtevima medicinskog osoblja, potrebno je projektovati sistem za filtraciju krvi koji koristi gravitacionu silu, odnosno koji može da obezbedi potrebnu visinsku razliku između kesu u kojima se nalazi donirana krv i praznih kesu u kojima će, nakon završetka procesa filtracije, biti odgovarajući produkti krvi. Pored toga, potrebno je projektovati sistem za postepeno istiskivanje produkata krvi iz transfuzionih kesu, obezbeđujući konstantan pritisak u kesu iz koje se vrši odvođenje krvi. Međutim, kako transfuzione kesu na vrhu imaju osigurače koje je potrebno slomiti kako bi se omogućio početak isticanja, a samim tim i početak filtracije, potrebno je sprečiti i početno neželjeno isticanje krvi pod nekontrolisanim uslovima odmah nakon loma osigurača. Na osnovu 3D modela i prateće dokumentacije izadene upotrebom CAD softvera, prototipovi medicinskih uređaja su proizvedeni i testirani u realnim uslovima.

2. PROCES PROJEKTOVANJA MEDICINSKIH UREĐAJA

2.1 KONCEPTUALNO DEFINISANJE

U saradnji sa stručnim medicinskim osobljem, izvršeno je definisanje odgovarajućih funkcija i parametara uređaja. Potrebno je da sistem za filtraciju krvi ima dve mobilne platforme sa pratećom konstrukcijom, i obezbediti istovremeno vertikalno kretanje platformi u suprotnim smerovima, do određenih položaja. Prvi položaj je onaj gde je rastojanje između platformi 600mm. U ovom položaju, medicinsko osoblje postavlja kese sa krvlju na gornju platformu, povezuje ih crevima sa odgovarajućim filterima sa praznim kesama koje su postavljene na donju platformu (Slika 1). Nakon postavljanja kesa, potrebno je da platforme budu pomerene u položaj za filtraciju, koji je definisan rastojanjem između platformi od 1800mm (Slika 2), koje je postignuto istovremenim kretanjem platformi u suprotnim smerovima. U tom položaju, pod uticajem sile gravitacije, krv se kreće iz kesa sa gornje platforme kroz creva gde se pomoću filtera vrši filtracija, do donje platforme. Kada se proces filtracije završi, platforme se vraćaju u početni položaj, vrši se zamena kesa i ponovo se otpočinje sa novim procesom filtracije. S obzirom da je kretanje zasnovano na pomeranju platformi po istoj osi, mehanizam pokreće jedan pogonski element.

Takođe, u saradnji sa stručnim medicinskim osobljem, definisane su funkcije i parametri sistema za postepeno istiskivanje produkata krvi iz transfuzionih kesa. Potrebno je projektovati uređaj koji će omogućiti dovoljan i konstantan pritisak u kesi iz koje se vrši odvođenje krvi i to u toku dužeg vremenskog perioda. Međutim, transfuzione kese imaju na vrhu osigurače, čijim se uklanjanjem otpočinje postupak isticanja. Zbog horizontalnog položaja kesa u toku isticanja, potrebno je i obezbediti da nakon uklanjanja osigurača ne dođe do neželjenog isticanja krvi pod nekontrolisanim uslovima. Pored toga, zahtevima je određeno da se za funkciju postepenog istiskivanja koristi samo jedan pogonski element.

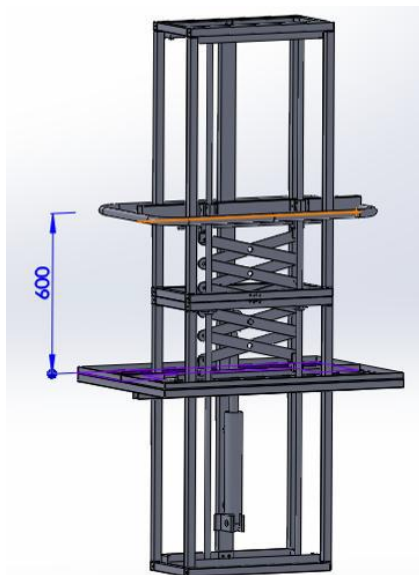
U skladu sa strogim kriterijumima za proizvodnju medicinske opreme (upotreba nerđajućeg čelika, sistema bez varničenja, štetnih isparenja i curenja, obavezna mobilnost uređaja, itd.), predviđeno je da oba uređaja budu proizvedena od nerđajućeg čelika.

2.2 IZRADA 3D MODELA

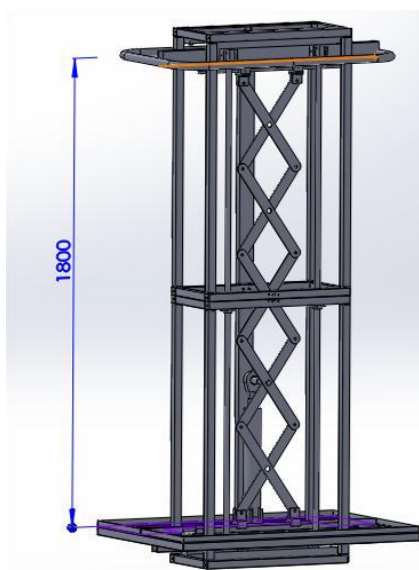
U okviru ove faze, primenom odgovarajućeg CAD softera, izrađeni su 3D modeli mehaničkog dela sklopova sistema za filtraciju krvi i sistema za postepeno istiskivanje produkata krvi iz transfuzionih kesa. Na osnovu teorije multi-body sistema [10], mehanički deo je definisan kao skup tela spojenih vezama. Ove veze, u zavisnosti od broja stepena slobode kretanja, omogućavaju translatorno i rotaciono kretanje sastavnih delova sklopa.

Mehanički deo sistema za filtraciju krvi je sastavljen iz dva podsklopa: dve mobilne platforme i prateća konstrukcija. Funkcija vertikalnog kretanja je obezbeđena upotrebom dva para linearnih vodiča sa po jednim kolicima za svaku platformu. Kretanje pokretnih platformi je realizovano pomoću mehanizma sa pločama koje su spojene u sklop nalik makazama. Međutim, istovremeno kretanje platformi u suprotnim smerovima je postignuto fiksiranjem centralnog sfernog

zgloba mehanizma za konstrukciju sistema. Poslednji članovi mehanizma su sfernim zglobovima povezani sa kolicima. Upotrebom jednog pogonskog elementa – pneumatskog cilindra, čiji je radni hod 250mm, koji pokreće mehanizam, postignuto je traženo vertikalno kretanje platformi (Slike 1 i 2).

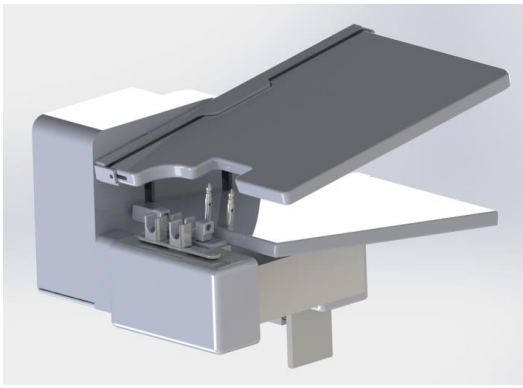


Slika 1. 3D model sistema za filtraciju krvi - pozicije platformi za postavljanje i uklanjanje kesa sa krvlju.



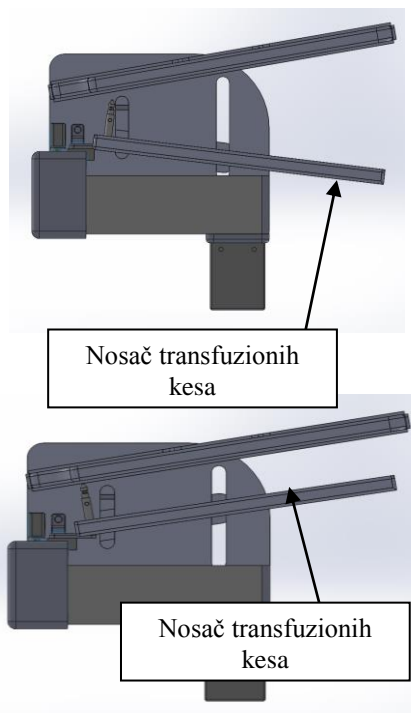
Slika 2. 3D model sistema za filtraciju krvi - Pozicije platformi za filtraciju krvi.

U fazi izrade 3D modela sistema za postepeno istiskivanje produkata krvi iz transfuzionih kesa (Slika 3), definisano je da je u početnom položaju transfuziona kesa postavljena na nosač, koji je sa kontra nagibom u odnosu na osigurač koji je na vrhu kesa, što onemogućava isticanje produkata krvi bez obzira na stanje osigurača. Kada se osigurač ukloni, otvara se put za isticanje, međutim sam kontra položaj nosača, a samim tim i kesa onemogućava isticanje.



Slika 3. 3D model sistema za postepeno istiskivanje produkata krvi iz transfuzionih kesa

Nakon toga, dolazi do rotacionog kretanja nosača na kome se nalazi transfuziona kesica i dovođenja u položaj za isticanje (Slika 4). Funkcija obrtnog kretanja nosača ostvaruje se mehanizmom koji je izveden iz kulisnog mehanizma. Ovaj mehanizam se sastoji od linearne vođice i navojnog vretena. Sa navojnim vretenom je uparena recirkulaciona navrtka koja se nalazi u čauri. Čaura je vezana za polugu preko osovine koja na kraju ima ležaj. Sama poluga ima prerez kroz koji prolazi osovina sa ležajem, što omogućava nesmetano kretanje. Sa druge strane linearna vođica je preko kolicica, koja se nalaze na njoj, spojena sa drugom stranom poluge preko obrtnog zgloba. Ovakva konfiguracija mehanizma omogućava da se prilikom aktiviranja motora i obrtanja navojnog vretena, recirkulaciona navrtka, a samim tim i deo poluge kreće, odnosno obrne oko druge strane koja je obrtnim zglobovima vezana za vođicu. Kako je za polugu sa bočne strane zakačen nosač, ovakvim obrtanjem poluge dolazi i do kretanja nosača transfuzione kesice.

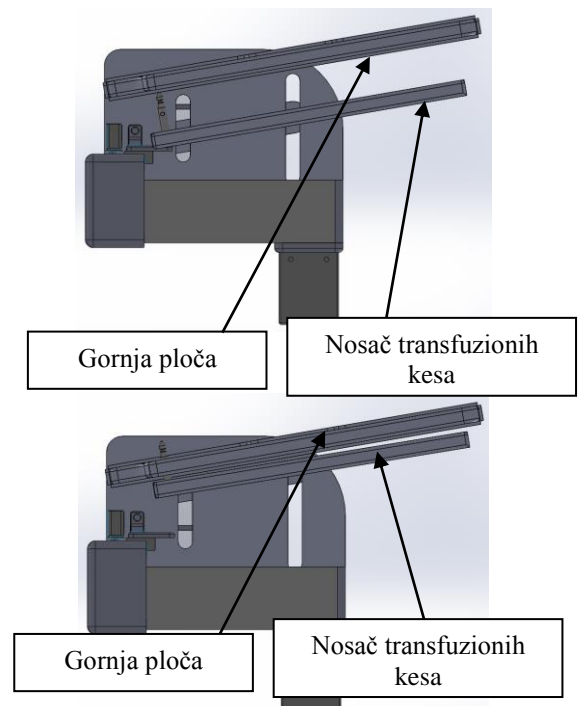


Slika 4. 3D model sistema za postepeno istiskivanje produkata krvi iz transfuzionih kesa – Rotaciono kretanje nosača transfuzionih kesa

Drugo kretanje, translatorno, pokreće nosač na kome se nalazi kesica i približava ga gornjoj ploči. Kako je gornja ploča

nepokretna, a nosač sa kesom se približava, dolazi do dodirivanja transfuzione kesice sa gornjom pločom. U daljem procesu dolazi do pritiskivanja kesice i kontrolisanog isticanja produkata krvi, sve dok nosač ne dođe u krajnji položaj, gde se zaustavlja, a to je ujedno i kraj procesa istiskivanja.

Funkcija translatornog kretanja nosača se ostvaruje istim mehanizmom samo što se, u ovom slučaju, koristi i dodatni član mehanizma – graničnik. Naime, u toku kretanja, čaura u jednom trenutku dodirne gornji deo graničnika (gornju graničnu ploču) i to označava prestanak obrtnog kretanja poluge, a samim tim i nosača transfuzione kesice i početak translatornog kretanja. U nastavku kretanja, čaura gura graničnik. Kako je graničnik sa druge strane čvrsto spojen i sa kolicima, dolazi do translatornog pomeranja i kolicica. Ovakvo istovremeno kretanje i čaura i kolicica prouzrokuje translatorno kretanje poluge, a samim tim i translatorno kretanje nosača koji postepeno pritiska kesicu o gornju ploču. U toku ovog kretanja se vrši kontrolisano istiskivanje krvi iz transfuzione kesice. Kretanje se obavlja sve dok nosač ne stigne u krajnji položaj, i tada je sva krv istisnuta iz transfuzione kesice (Slika 5). U nastavku dolazi do ponavljanja kretanja samo u suprotnom smeru, s tim da se prvo izvršava translatorno kretanje, a tek onda obrtno. Vraćanjem nosača transfuzione kesice u prvobitni položaj, završava se proces istiskivanja, i kesica može biti zamenjena kako bi se proces istiskivanja ponovio.



Slika 5. 3D model sistema za postepeno istiskivanje produkata krvi iz transfuzionih kesa – Translatorsno kretanje nosača transfuzionih kesa

Nakon završetka faze izrade 3D modela i provere datih funkcija i zahteva sa stručnim medicinskim osobljem, ova dva medicinska uređaja - sistem za filtraciju krvi i sistem za postepeno istiskivanje produkata krvi iz transfuzionih kesa, su na osnovu projektne dokumentacije proizvedeni i testirani u eksploatacionim uslovima. Rezultati testiranja su pokazali da je izvršeno pravilno definisanje funkcije uređaja i dimenzionisanje sklopova.

3. ZAKLJUČAK

Stalni zahtevi tržišta za smanjenjem troškova proizvodnje, vremena razvoja, izrade i ispitivanja proizvoda utiču na ubrzani razvoj i osavremenjavanje procesa projektovanja. Zbog toga, dolazi do integracije savremenih CAD softvera u proces projektovanja proizvoda koji obezbeđuje virtuelnu izradu, pregled i analizu prototipa. To omogućava izmenu oblika, dimenzija, materijala i ostalih karakteristika proizvoda, kao i ponovnu analizu bez potrebe za proizvodnjom.

U ovom radu je prikazan proces projektovanja medicinskih uređaja na primerima sistema za filtraciju krvi i sistema za postepeno istiskivanje produkata krvi iz transfuzionih kesasa. Zadatak sistema za filtraciju krvi je da izvrši istovremeno vertikalno kretanje dve paralelno postavljene platforme u suprotnim smerovima u cilju dostizanja zadatog rastojanja između platformi. U početnom položaju, kese sa krvlju se postavljaju na gornju platformu i povezuju crevima sa određenim filterima sa praznim kesama koje se nalaze na donjoj platformi. Nakon pokretanja sistema, platforme se istovremeno kreću vertikalno u suprotnim smerovima do zadatog rastojanja. Zatim počinje proces filtracije krvi pomoću sile gravitacije, koji se završava kada kese na donjoj platformi budu pune, odnosno kada se u njima nalazi krv koja je filtrirana.

Pored toga, definisane su i funkcije sistema za postepeno istiskivanje produkata krvi iz transfuzionih kesasa. Sistem ima zadatak da pomoću jednog pogonskog elementa obezbedi konstantan pritisak na transfuzionu kesu iz koje treba da ističe krv u dužem vremenskom periodu. U procesu isticanja, kesasa je u horizontalnom položaju, a kako proces počinje uklanjanjem osigurača sa kesasa, nakon uklanjanja može doći do nekontrolisanog isticanja krvi iz kesasa. Kod ovog sistema, u početnom položaju, transfuzionasasa je postavljena na nosač koji je sa kontra nagibom u odnosu na osigurač. Time je onemogućeno isticanje produkata krvi bez obzira na stanje osigurača. Zbog navedenih složenih zahteva, funkcija istiskivanja krvi pod konstantnim pritiskom u dužem vremenskom intervalu je ostvarena pomoću kombinacije rotacionog i translacionog kretanja nosačasa transfuzionih kesasa.

Nakon toga, izvršena je izrada 3D modela uređaja upotrebom odgovarajućeg CAD softvera. Uređaji su, prema projektnoj dokumentaciji, proizvedeni i testirani u eksploatacionim uslovima, gde su pokazali zadovoljavajuće rezultate. Na osnovu toga, može se zaključiti da je primena CAD softvera postala nezaobilazni i obavezni deo savremenog procesa projektovanja i izrade proizvoda, koja ima značajan uticaj na smanjenje vremena i troškova razvoja, izrade i ispitivanja novih proizvoda.

LITERATURA

- [1] T. Brune, K. Hannemann-Pohl, K. Nible, N. Ecker, H. Garritsen, "Quality, Stability, and Safety Data of Packed Red Cells and Plasma Processed by Gravity Separation Using a New Fully Integrated Hollow-Fibre Filter Device", *Advances in Hematology*, Vol. 2009, Hindawi Publishing Corporation, 2009.
- [2] T. Brune, S. Fill, G. Heim, A. Rabsilber, K. Wohlfarth, H.S.P. Garritsen, "Quality and stability of red cells derived from gravity-separated placental blood with a hollow-fiber system", *Transfusion*, Vol. 47, pp. 2271-2275, December, 2007.
- [3] S. Sekiguchi, T. A. Takahashi, S. Yamamoto, H. Hasegawa, Y. Takenaka, J. Suemitsu, H. Fukumi, "A new type of blood component collector: plasma separation using gravity without any electrical devices", *Vox Sang*, Vol. 58, pp. 182-187, April 1990.
- [4] M. Milošević, V. Pavlović, M. Tomić, M. Pavlović, M. Banić, Utilization Of Cad Software For Developing Blood Filtration System, In. Proc. *The 8th Internataional Symposium KOD 2014 Machine and Industrial Design in Mechanical Engineering*, pp. 93-96, 2014.
- [5] M. Milošević, M. Tomić, V. Pavlović, M. Pavlović, Tehničko rešenje "Novo rešenje mehanizma za postepeno istiskivanje produkata krvi iz transfuzionih kesasa kod uređaja za separaciju krvi", Korisnik: LMB Soft.
- [6] M. Milošević, S. Mladenović, S. Popić, G. Đorđević, Contemporary Approach of Computer Aided Design of Universal Radiography System, In. Proc. *International Scientific-expert Conferense INFOTEH-JAHORINA 2011*, Jahorina, Bosna and Hercegovina, ISBN 978-99938-624-6-8, Vol. 10, Ref. A-13, pp. 59-63, 2011.
- [7] V. Pavlović, M. Milošević, M. Pavlović, G. Đorđević, Use of CAD software in developing mechatronic medical devices on example of Treadmill, In. Proc. *International Scientific-expert Conference INFOTEH-JAHORINA 2012*, Jahorina, Bosna and Hercegovina, ISBN 978-99938-624-8-2, Vol. 11, Ref. PRS-11, 2012.
- [8] M. Milošević, M. Tomić, A. Milojević, S. Mladenović, G. Đorđević, Application of CAD Software for Developing new Radiography Positioner System, In Proc. *International Scientific-expert Conference INFOTEH-JAHORINA 2013*, Jahorina, Bosna and Hercegovina, ISBN 978-99955-763-1-8, Vol. 12, Ref. PRS-13, 2013.
- [9] M. Pavlović, M. Ristić, V. Pavlović, "Uloga CAD sistema u projektovanju proizvoda", Zbornik radova Visoke tehničke škole, pp. 33-36, 2014.
- [10] I. Viša, M. Comșit, Design of the Linkages-type Tracking Mechanisms by using MBS Method, In Proc. *12-th IFToMM World Congress*, Besançon, France, pp. 582-587, 2007.

UPOREDNA ANALIZA VREDNOSTI INDIKATORA UPOTREBE ZAŠTITNIH SISTEMA ZA DECU NA PODRUČJU JUŽNE SRBIJE

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE VALUES OF THE INDICATORS OF PRO- TECTIVE SYSTEM USE FOR CHILDREN IN THE AREA OF SOUTHERN SERBIA

Dejan Bogičević, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš*
Milan Stanković, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš*

Sadržaj - *Merenje IBS omogućava da se shvate i precizno definišu problemi bezbednosti saobraćaja, na određenom području, ali i da se planiraju odgovarajuće mere u cilju unapređenja bezbednosti saobraćaja na posmatranom području. Svaka lokalna zajednica, odnosno određeno područje ima neke svoje specifičnosti u ponašanju pa se tako i učesnici u saobraćaju ponašaju različito, kada je u pitanju ispravno ponašanje u saobraćaju. Praćenje IBS, na nekom manjem i bliskom prostoru stvara mogućnost preciznijeg i kvalitetnijeg praćenja stanja, uočavanje ključnih problema, a potom i uspešnijeg upravljanja bezbednošću saobraćaja na lokalnom nivou. U radu su najpre prikazane vrednosti IBS koji su izmereni u Nišu, Kruševcu, Zaječaru, Prokuplju, Leskovcu, Pirotu i Vranju, a nakon toga izvršena je njihova analiza i međusobno poređenje, a sve u cilju utvrđivanja razlike u ponašanju u saobraćaju na međusobno bliskom prostoru.*

Ključne reči: Bezbednost Saobraćaja, Indikatori, Merenje, Trend.

Abstract - *Measuring SPI allows to understand and precisely define the problems of road safety in a particular area, but also to plan appropriate measures in order to improve traffic safety in the area. Each local community or a particular area has some of its specifics in the behavior and hence the traffic participants behave differently when it comes to proper behavior in traffic. Tracking SPI in a small and close space enables a more precise and better tracking, the identification of key problems and finally, the successful traffic safety management at the local level. The paper presents the SPI values measured in Niš, Kruševac, Zaječar, Prokuplje, Leskovac, Pirot and Vranje, and then presents the analysis and comparison of each other, whit the aim of determining the differences in traffic behavior in relation to another close space.*

Key words: Road Safety, Indicators, Measurement, Trend.

1. UVOD

Novija istraživanja u vezi merenja i ocena nivoa bezbednosti saobraćaja koriste pojam „indikatori bezbednosti saobraćaja“ (eng. Safety performance indicators – SPI). Indikatori bezbednosti saobraćaja predstavljaju bilo koju meru koja je uzročno vezana za saobraćajne nezgode i posledice saobraćajnih nezgoda [1].

Indikatori bezbednosti saobraćaja predstavljaju vezu između posledica saobraćajnih nezgoda i mera za smanjenje posledica tih nezgoda [5], a značaj indikatora se može oceniti na osnovu jačine veze sa dešavanjem saobraćajne nezgode ili povrede [3].

Indikatori u bezbednosti saobraćaja predstavljaju značajan iskorak u nauci bezbednosti saobraćaja i služe za ocenu i praćenje stanja bezbednosti saobraćaja. Indikatori se mogu definisati kao kvantitativno i kvalitativno merilo koje je dobijeno iz niza posmatranih činjenica. Indikator može sadržati velike količine informacija prikazane na prost način, koje ako se prepoznaju mogu biti iskorišćene na adekvatan način u cilju poboljšanja bezbednosti saobraćaja.

Poseban značaj indikatora u bezbednosti saobraćaja ogleda se u praćenju učinka, definisanju i uspostavljanju trendova, predviđanju problema, proceni političkog uticaja, poređenju itd. [6].

U poslednjoj deceniji, u nauci bezbednosti saobraćaja, pokreću se pitanja o tome da li je moguće ocenjivati stanje bezbednosti saobraćaja odgovarajućim pokazateljom, indikatorom i slično, koji će u sebi na neki način sadržati i informacije koje nisu u direktnoj vezi sa saobraćajnim nezgodama i posledicama tih saobraćajnih nezgoda. Imajući prethodno navedeno u vidu, indikatori bezbednosti saobraćaja dobijaju na značaju. Praćenje indikatora bezbednosti saobraćaja omogućava da se shvate i precizno definišu problemi bezbednosti saobraćaja, ali i da se planiraju efektivne mere bezbednosti saobraćaja [3]. Naime, odnos između postojećih i željenih vrednosti indikatora određuje šta bi trebalo predvideti u programima bezbednosti saobraćaja i koje mere treba preduzimati [3].

2. METODOLOGIJA MERENJA INDIKATORA BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA KOJI SE ODOSE NA ZAŠTITNE SISTEME

Kao što je poznato zaštitni sistemi ili sistemi pasivne zaštite učesnika u saobraćaju imaju zadatak da smanje posledice saobraćajnih nezgoda, ako se te saobraćajne nezgode dogode. Praktično, dok alkohol i brzina mogu uticati i na nastanak saobraćajnih nezgoda i na posledice tih saobraćajnih nezgoda, upotreba/neupotreba sistema zaštite prvenstveno može uticati na posledice saobraćajnih nezgoda. U sisteme pasivne zaštite spadaju:

- sistemi zaštite vozača i putnika (sigurnosni pojasevi, vazdušni jastuci, nasloni za glavu, itd.),
- sistemi zaštite dece u vozilu (dečija sedišta, itd.),
- sistemi zaštite dvotočkaša (zaštitne kacige, itd.),
- sistemi zaštite pešaka i drugi.

Prethodno navedeni sistemi su razvijeni da bi zaštitili najranjivije delove tela čoveka, pa bi praćenjem indikatora u vezi zaštitnih sistema bila stvorena mogućnost da se uoče eventualni problemi i definišu buduće akcije i mere u cilju njihove veće upotrebe. Imajući u vidu brojnost indikatora koji se odnose na zaštitne sisteme i ograničen obim ovog rada, u nastavku rada će biti prikazani načini merenja indikatora koji se odnose na zaštitne sisteme za decu.

Način merenja i veličina uzorka po jednom mernom mestu, utvrđena je prema preporukama projekta SAFETYNET, koji je finansiran od strane Evropske Komisije – Direktorata za opšti transport i energiju (European Commission, Directorate – General Transport and Energy). Između ostalog, projekat se u jednom delu bavi razvojem indikatora bezbednosti saobraćaja, kroz najbolju svetsku praksu (SafetyNet Deliverable 3.1 - State of the art Report on Road Safety Performance Indicators – Vis et al., 2005), kroz teoriju indikatora bezbednosti saobraćaja (SafetyNet Deliverable 3.6 - Road Safety Performance Indicators Theory – Hakkert et al., 2006) i kroz Uputstvo o indikatorima bezbednosti saobraćaja (SafetyNet Deliverable 3.8 - Road Safety Performance Manual – Hakkert et al., 2007).

Način merenja umnogome zavisi od toga šta će se meriti, odnosno koji indikator bezbednosti saobraćaja u vezi sigurnosnih pojaseva će se meriti. Od toga će zavisiti i sama organizacija merenja na terenu i kreiranje brojačkih obrazaca. Prilikom merenja indikatora koji se odnose na zaštitne sisteme strogo su poštovana uputstva i uslovi koji su definisani projektom „Metode praćenja IBS u Srbiji i njihov značaj za strateško upravljanje bezbednošću saobraćaja“, Vujančić, M. i dr. (2013).

Analizirajući ključne indikatore bezbednosti saobraćaja u vezi zaštitnih sistema merenja se, u zavisnosti od kategorije saobraćajnica, obavljaju u dnevnim uslovima saobraćaja i to na:

- autoputevima,
- putevima van naselja i
- putevima u naselju.

U zavisnosti od perioda u toku godine, merenje upotrebe zaštitnih sistema je obavljano dva puta godišnje za 2014. i

2015. godinu i to u proleće tokom aprila i u jesen tokom septembra. Tokom 2013. godine izvršeno je samo jedno merenje, što ukupno čini pet merenja u posmatranom periodu.

Imajući u vidu da se merenja obavljaju samo u dnevnim uslovima saobraćaja, onda je neophodno sprovesti merenja u tzv. tipičnim periodima u toku dana: prepodne (od 8:00 do 12:00) ili popodne (od 13:00 do 18:00) i to samo u toku određenih radnih dana (utorkom, sredom ili četvrtkom). Prilikom merenja upotrebe zaštitnih sistema u uzorak su uključena sva vozila (i sa inostranim registarskim oznakama), odnosno prilikom merenja i slučajnog odabira vozila iz saobraćajnog toka u uzorak, nisu odbacivana vozila koja su sa inostranim registarskim oznakama.

Merenja su vršena na takvim mernim mestima gde se vozila po pravilu kreću manjim brzinama ili pak stoje (npr. u blizini raskrsnica i sl.). Ukoliko pak istraživač na terenu iz nekog razloga, a posebno razloga veće brzine vozila ne uspe da registruje sve neophodne podatke vezane za upotrebu dečijeg sedišta ili sigurnosnog pojasa, tada se to vozilo odbacuje iz uzorka i pristupa se evidentiranju neophodnih podataka za prvo sledeće nailazeće vozilo.

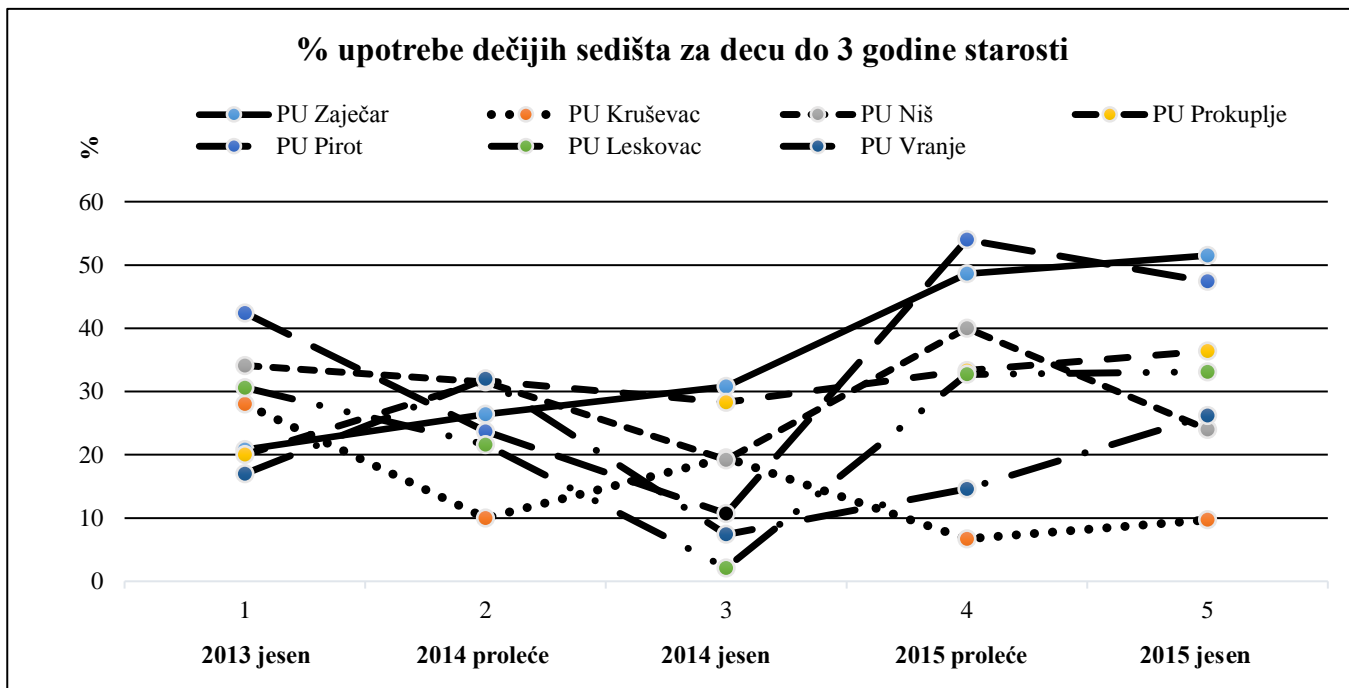
3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA SA DISKUSIJOM

Na osnovu odabranih indikatora, definisanog metoda i uzorka istraživanja, u ovom delu rada su predstavljeni rezultati istraživanja indikatora bezbednosti saobraćaja koji se odnose na zaštitne sisteme za decu. Istraživanje je sprovedeno tokom 2013. godine kada je sprovedeno jedno merenje indikatora, tokom 2014. i 2015. godine kada su sprovedena po dva merenja (jesenje i prolećno). Istraživanje je sprovedeno u policijskim upravama u Nišu, Kruševcu, Zaječaru, Prokuplju, Leskovcu, Pirotu i Vranju za potrebe Agencije za bezbednost saobraćaja. U cilju obezbeđivanja podjednakih uslova istraživanja, prilikom obrade rezultata u obzir su uzeti samo podaci koji su dobijeni merenjem indikatora na putevima u naselju i van naselja, odnosno prilikom analize rezultata nisu korišteni podaci koji su dobijeni na autoputevima.

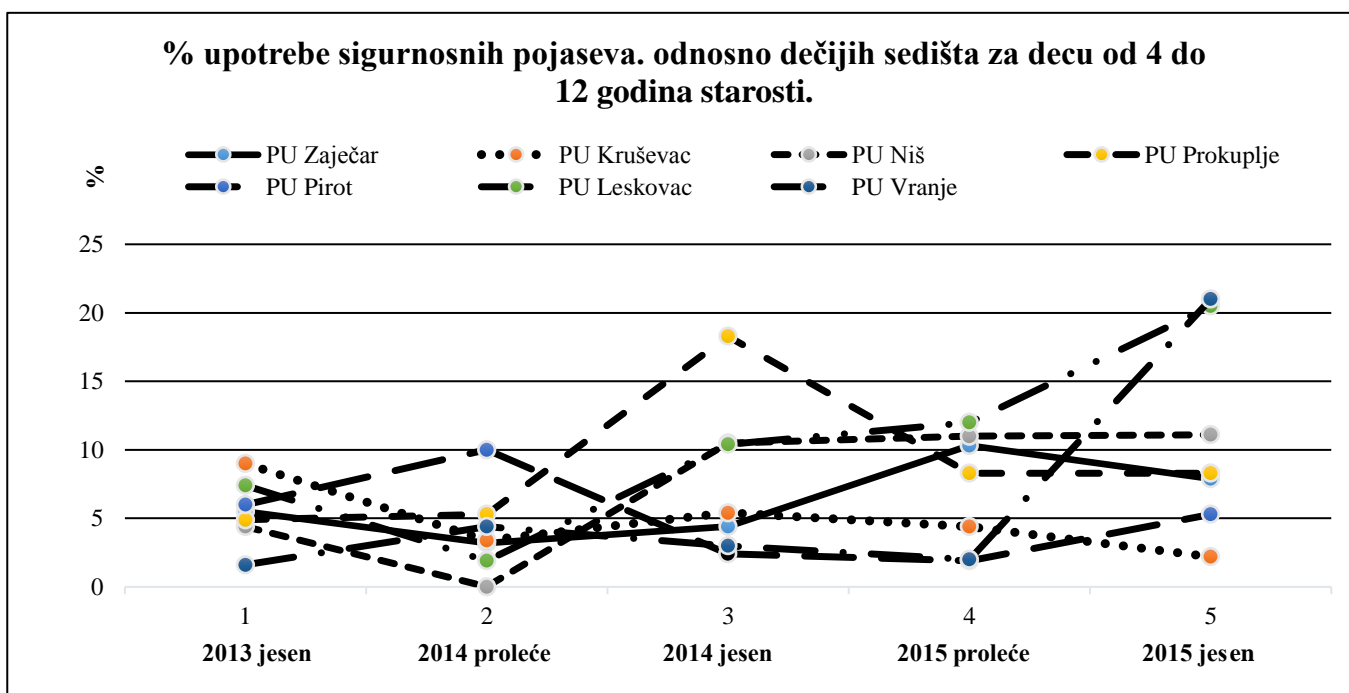
3.1. Analiza upotrebe dečijih sedišta za decu do 3 godine starosti

Analize rezultata istraživanja upotrebe dečijih sedišta za decu do 3 godine starosti u posmatranim policijskim upravama pokazuje da sve policijske uprave imaju veoma nisku vrednost indikatora upotrebe dečijih sedišta za decu do 3 godine starosti. Najveću vrednost indikatora upotrebe dečijih sedišta za decu do 3 godine starosti ima PU Niš 37,6% u kojoj indikator pripada klasi veoma niska vrednost. Najmanju vrednost indikatora upotrebe dečijih sedišta zabeležena je u PU Kruševac 14,7%, gde indikator pripada klasi veoma niska vrednost.

U poređnom analizom trenda upotrebe dečijih sedišta za decu do 3 godine starosti uočava se da je u PU Niš najveće standardno odstupanje 23,9, odnosno u policijskoj upravi u kojoj je zabeležen najveći procenat upotrebe dečijih sedišta. Najveće povećanje upotrebe dečijih sedišta zabeleženo u PU Zaječar 30,7%, dok je u PU Kruševac i PU Niš opao procenat upotrebe dečijih sedišta za 18,3%, odnosno 10,1%. U svim policijskim upravama u navedenom periodu došlo je do povećanja upotrebe dečijih sedišta za decu do 3 godine za 5,1% (vidi Sliku br. 1.).



Slika 1. Procenat upotrebe dečijih sedišta za decu do 3 godine starosti.



Slika 2. Procenat upotrebe zaštitnih sistema za decu od 4 do 12 godina starosti.

3.2. Analiza upotrebe zaštitnih sistema za decu od 4 do 12 godina starosti

Upotreba zaštitnih sistema za decu od 4 do 12 godina, u posmatranim policijskim upravama, je izuzetno niska, značajno manja upotrebe sedišta za decu do 3 godine starosti, pri čemu indikator upotrebe zaštitnih sistema za decu od 4 do 12 godina, pripada klasi veoma niska vrednost indikatora i iznosi u proseku 10,4% ili manje. Najveća upotreba zaštitnih sistema za decu od 4 do 12 godina je u PU Leskovac 10,4% i PU Prokuplje 9%, a najmanja u PU Kruševac 4,9%. Najveće standardno odstupanje je bilo u PU Vranje 8,2.

Posmatranje trenda upotrebe zaštitnih sistema za decu od 4 do 12 godina pokazuje da je najveće standardno odstupanje u PU Vranje 8,2 odnosno u policijskoj upravi u kojoj je zabeleženo najveće povećanje upotrebe zaštitnih sistema od 19,4%. Negativan trend zabeležen je PU Kruševac i PU Pirot, gde je procenat upotrebe ovih zaštitnih sistema opao za 6,8%, odnosno 1%. U posmatranim policijskim upravama u navedenom periodu došlo je do povećanja upotrebe zaštitnih sistema za decu od 4 do 12 godina za 5,4%, odnosno neznatno više od dečijih sedišta za decu do 3 godine starosti (vidi Sliku br. 2.).

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Uvođenje IBS u proces praćenja stanja bezbednosti saobraćaja na određenom području je veoma značajno, jer se na osnovu njihovog praćenja može uočiti šta, u kojoj meri i na kom prostoru nije bezbedno. Pravilnim odabirom, odgovarajućim tehnikama merenja, i na kraju, pravilnim tumačenjem vrednosti indikatora mogu se prepoznati problemi u bezbednosti saobraćaja na određenom području i delovati u cilju otklanjanja istih.

Na nivou određenog područje izuzetno je važno prepoznavanje indikatora, kao jednog od načina za prepoznavanje i praćenje problema u bezbednosti saobraćaja. Naime, na lokalnom nivou počinju sve aktivnosti, odnosno na lokalnom nivou u krajnjem slučaju se i sprovode sve aktivnosti u pogledu bezbednosti saobraćaja. Zbog toga je neophodno da lokalne vlasti i subjekti zaduženi za bezbednost saobraćaja na lokalnom nivou shvate i razumeju značaj IBS i sa stručnog i naučnog aspekta odaberu odgovarajuće pokazatelje i indikatore koje treba pratiti, meriti i ocenjivati i rezultate tih merenja implementirati u svoje programe unapređenja stanja bezbednosti saobraćaja.

Indikatori bezbednosti saobraćaja imaju izuzetno jaku vezu sa brojem saobraćajnih nezgoda i obimom posledica saobraćajnih nezgoda, pa samim tim omogućavaju da se poznavanjem vrednosti IBS prati stanje i tendencije u bezbednosti saobraćaja na određenom području. Zato praćenje IBS predstavlja odličnu podršku procesu upravljanja bezbednošću saobraćaja, odnosno IBS omogućavaju i praćenje učinka preduzetih mera, odnosno učinka pojedinih subjekata i sistema u celini. Ovakav način praćenja stanja bezbednosti na određenom području omogućava preventivno delovanje na bezbednost saobraćaja, a što i jeste jedan od ciljeva struke i nauke u bezbednosti saobraćaja.

Rezultati istraživanja pokazuju da je najveće povećanje upotrebe dečijih sedišta zabeleženo u PU Zaječar 30,7%, dok je u PU Kruševac i PU Niš opao procenat upotrebe dečijih sedišta za 18,3%, odnosno 10,1%. U svim policijskim upravama u navedenom periodu došlo je do povećanja upotrebe dečijih sedišta za decu do 3 godine za 5,1%

Kada je u pitanju upotrebe zaštitnih sistema za decu od 4 do 12 godina u PU Vranje je zabeleženo najveće povećanje upotrebe zaštitnih sistema od 19,4%. Negativan trend zabeležen je PU Kruševac i PU Pirot, gde je procenat upotrebe ovih zaštitnih sistema opao za 6,8%, odnosno 1%. U posmatranim policijskim upravama u navedenom periodu došlo je do povećanja upotrebe zaštitnih sistema za decu od 4 do 12 godina za 5,4%, odnosno neznatno više od dečijih sedišta za decu do 3 godine starosti.

Međutim, rezultati istraživanja pokazuju i da u pojedinim policijskim upravama dolazi do oscilacije vrednosti indikatora koji se odnose na zaštitne sisteme u posmatranom periodu, a što navodi na zaključak da nije uspostavljen stabilan sistem upravljanja bezbednošću saobraćaja.

Prikazani rezultati istraživanja u ovom radu pokazuju da se, na primeru indikatora upotrebe zaštitnih sistema, može pratiti efikasnost/neefikasnost rada subjekata koji su zaduženi za bezbednost saobraćaja. Naime, pojedine policijske uprave bile su uspešnije u povećavanju stepena upotrebe zaštitnih sistema, u odnosu na druge u kojima je zabeležen negativan trend upotrebe pojedinih zaštitnih sistema.+

LITERATURA

- [1] European Transport Safety Council (ETSC). (2001). Transport Safety Performance Indicators. Brussels.
- [2] Hakkert, A.S., Gitelman, V. and Vis, M.A. (Eds.). (2007). Road Safety Performance Indicators: Theory. Deliverable D3.6 of the EU FP6 project SafetyNet.
- [3] Lipovac, K. (2008). Bezbednost saobraćaja. Službeni list, Beograd.
- [4] Lipovac, K., M. Vujanić i M. Tešić (2012): Predlog IBS u lokalnoj zajednici, sa načinom primjene. VII međunarodna konferencija "Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici", Donji Milanovac, str. 117-124.
- [5] OECD (2005). Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide, OECD Statistics Working Paper.
- [6] Pešić, D. i Antić, B. (2012). Značaj i mogućnost primene IBS za lokalnu zajednicu. 7. Međunarodna konferencija „Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici“, Donji Milanovac, str.111-116.
- [7] Pešić, D. i dr. (2014). Značaj IBS za upravljanje bezbednošću saobraćaja. 9. Međunarodna konferencija „Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici“, Zaječar, str.37-42.
- [8] Vujanić, M. i dr. (2013). Projekat „Metode praćenja IBS u Srbiji i njihov značaj za strateško upravljanje bezbednošću saobraćaja“, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd.

PARAMETRI ISTISKIVANJA AL-LEGURA U TOPLOM STANJU I NJIHOV UTICAJ NA KVALITET POVRŠINE ELOKSIRANIH PROFILA

EXTRUSION PARAMETERS OF HOT AL-ALLOYS AND THEIR IMPACT ON SURFACE QUALITY OF THE ANODIZED PROFILES

Tomislav Marinković, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Nada Stojanović, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj – U ovom radu posvećena je posebna pažnja uticajnim parametrima istiskivanja na kvalitet površine profila legure serije 6000. Ovim radom su obuhvaćeni svi parametri koji se mogu kontrolisati na presi za istiskivanje profila, uključujući i hlađenje na izlaznom stolu. Nedostaci na površini profila koji se ovde razmatraju, često se otkrivaju tek posle površinske obrade profila ecovanja/eloksaže. U ovoj kasnoj fazi obrade, vrlo je teško otkriti pravi uzrok određene greške i vrlo su skupe intervencije koje treba preduzeti za njihovo otklanjanje. Nedostaci koji su uočljivi posle eloksaže nastaju usled mikrostrukturnih promena: veličine zrna, teksture (orijentisanost zrna).

Ključne reči: parametri istiskivanja, dekorativni izgled površine profila.

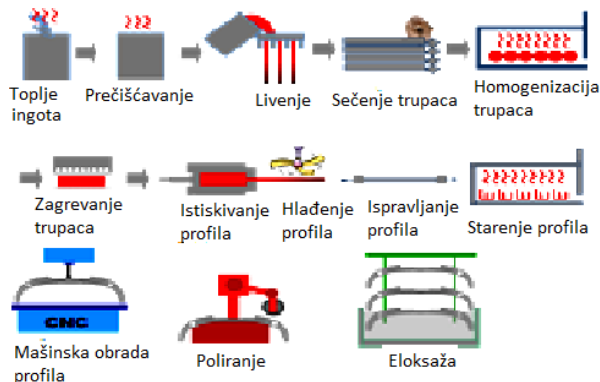
Abstract - This paper discusses the impact of the parameters on the extrusion surface quality alloy profiles, series 6000. It covers all parameters that can be controlled on the press for profile extrusion, including the cooling output at the table. Disadvantages on the surface of the profile which are under consideration are often discovered only after the surface treatment of the profile, etching/anodization. At this late stage of the process it is difficult to ascertain the real cause of an error and interventions that need to be taken to eliminate the mistakes are very expensive. Faults that are visible after anodizing are due microstructural changes: the grain size and texture (grain orientation).

Key words: extrusion parameters, decorative appearance of the profile surface.

1. UVOD

Kvalitet površine Al profila (struktura površine) se generiše reakcijom na ecovanje u fazi procesa eloksaže Al-profila. Reakcija na ecovanje se utvrđuje mikrostrukturom u materijalu profila. Mikrostruktura i izgled površine profila se formira u tri glavne etape:

1. Livenje i homogenizacija;
2. Istiskivanje, hlađenje, starenje;
3. Ecovanje u procesu eloksaže. [1], [2].



Slika 1. Etape tehnološkog procesa

Ovaj članak se bavi analizom različitih parametara istiskivanja koji utiču na kvalitet površine eloksiranih profila. Ovi parametri se kontrolišu u tehnološkom procesu na presi za istiskivanje Al profila, uključujući i hlađenje profila na izlaznom stolu prese. Uticaji kod procesa livenja i homogenizacije trupaca i starenja profila, ovde nisu razmatrani.

2. TOPOGRAFIJA POVRŠINA ELOKSIRANIH PROFILA

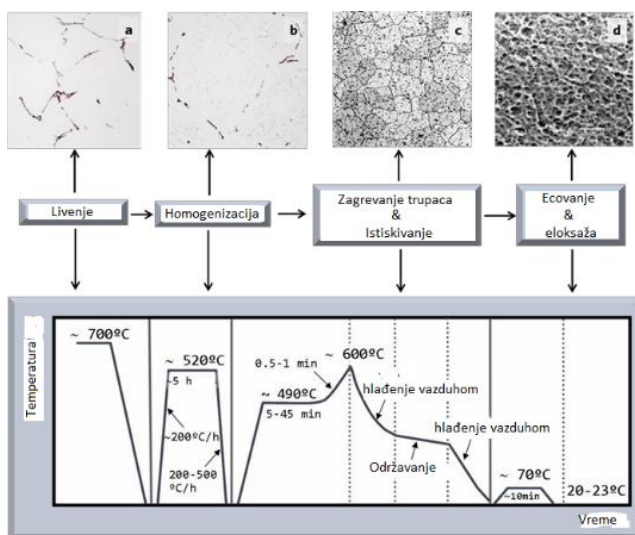
Topografija površine posle eloksaže je odlučujući faktor refleksivnosti, a takođe i dekorativnog izgleda profila dobijenog istiskivanjem Al profila u toplom stanju. Topografija se sastoji od rupica koje nastaju u procesu toplog istiskivanja u unutrašnjosti zrna, kao i rupica (jamica) i brazdi duž granica zrna. Rezultirajuća distribucija sjaja u nijanse boje na vidljivoj površini narušava ujednačenu nijansu boje eloksiranog profila. Šta više, različita orijentacija kristala (tekstura) igra značajnu ulogu. Lokalno promenljivi tipovi i inteziteti teksture mogu biti rezultat nehomogenog ecovanja čime se postiže anizotropna refleksija svetlosti usled usmerene mikro hrapavosti na površini profila. Dalje, kinetika ecovanja na talozima može biti različita kod različitih orijentacija zrna, što dovodi do homogene distribucije rupica od ecovanja na površini, utičući na lokalni sjaj.

a) Stvaranje rupica u toku ecovanja

Pre anodizacije vrši se alkalno ecovanje, kako bi se:

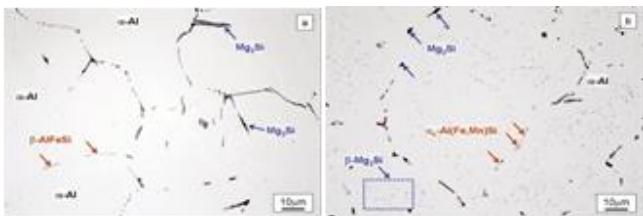
1. otklonio prirodni oksidni sloj na profilu i
2. nahrapavila površina selektivnim hemijskim nagrizanjem pomoću koje se postiže homogena mat površina.

Mikro - površina eloksiranih profila sastoji se od rupica nastalih ecovanjem, različite veličine i brazdi duž granica zrna. Njihova povećana koncentracija dovodi do refleksije veće količine svetlosti. Ovu pojavu oko registruje u vidu linija i površina, čime se narušava dekorativni izgled profila. Topografija u suštini nastaje u toku ecovanja, i ona se teško modifikuje naknadnom eloksazom. Dobijeni sloj anodnog oksida ne može da pokrije rupice od ecovanja i brazde. Utvrđeno je da su rupice od ecovanja povezane sa veličinom i distribucijom međumetalnih (intermetalnih) faza na površini, koje deluju kao lokalne katode ili anode u zavisnosti od njihovog električnog potencijala u odnosu na okolinu.



Slika 2. Promena strukture Al-legure u toku tehnološkog procesa

Kod legura serije AA 6060 važne međumetalne (intermetalne) faze su primarne faze (kao što su: Al_3Fe , $\alpha-AlFeSi$ ($Al_{12}Fe_3Si$) ili $\beta-AlFeSi$ ($Al_9Fe_2Si_2$) i sekundarne faze (kao što su koherentne $\beta''-Mg_2Si$ iglice (kristala), delom koherentni štapići $\beta''-Mg_2Si$ ili nekoherentne ravnotežne fazne čestice $\beta-Mg_2Si$. [1].



Slika 3. Raspored α i β čestica u mikrostrukturi uzorka trupca od Al-legure serije 6000

b) Uticaj (efekat) veličine zrna

Pored obrazovanja rupica od ecovanja u unutrašnjosti zrna, izraženo nagrizanje na granicama zrna tokom ecovanja, takođe utiče na dekorativni izgled površine. Za određenu veličinu

zrna, izgled površine će zavisiti od toga da li su granice zrna napadnute pre matrice. Od važnog značaja je i disperzija čestica $\beta-Mg_2Si$ u matrici kao dominantan faktor izraženog nagrizanja granice zrna U toku ecovanja, nerastvorljive $\beta-Mg_2Si$ iglice ili $\beta-Mg_2Si$ štapići pasiviziraju unutrašnjost zrna. Brazda se stvara odmah na početku ecovanja i raste prema istim principima kao rupice od ecovanja u unutrašnjosti zrna.

Nagrizanje pri ecovanju se ne događa na svim granicama zrna u istoj meri. U ovom kontekstu, važno je pomenuti da granice zrna orijentisane upravno na uočenu ravan trpe jače nagrizanje. Nagrizanje granice zrna je najjače, kada štapići $\beta''-Mg_2Si$ i iglice $\beta''-Mg_2Si$ izrastu do većih dimenzija u toku termičkog i mehaničkog tretmana u proizvodnji. Prema tome, oni su najefektivniji u pasivizaciji unutrašnjosti zrna i smanjuju nagrizanje u toku istiskivanja. Lokalno stvaranje, velike toplote i lokalno niže zone hlađenja (npr. pri geometrijskim prelazima u profilu) mogu prema tome, dovesti do mutnijeg (tamnijeg) izgleda površine u ovom delu pa prema tome i do obrazovanja linije ili pojasa različite nijanse od osnove (većeg ili manjeg inteziteta).

c) Efekti teksture

Izražena orijentacija zrna (ili tekstura) može da utiče na dekorativni izgled površine i to dvojako. Nagrizanje sredstvima za ecovanje je nagrizanje na određenim kristalnim zrnima. U zavisnosti od toga kako su ove ravni orijentisane prema površini, nagrizanje može rezultirati u usmerenot mikro hrapavosti unutar zrna što može dovesti do anizotropne refleksije svetlosti ukoliko veliki broj zrna na izvesnoj lokaciji ima ovu orijentisanost. U ovom slučaju, pojavice se linije ili pojasevi tamnije boje, pod specifičnim uglom posmatranja, dok se pod drugim uglovima može izgubiti [3]. Tekstura takođe može imati uticaj kod posmatrača promenom kinetike na primarnim česticama koje se nalaze u kristalu. U ovom slučaju lokalni sjaj teksturne površine može biti pogođen. Ukoliko je ravan (111) kristala orijentisana paralelno u odnosu na površinu, onda nastaje usmereno nagrizanje osnove pri ecovanju. Rastvaranje kristala u ravni (111) tokom ecovanja usmereno upravno prema površini zrna (111) se rastvaraju brže u odnosu na druge orijentisanosti. S druge stane, rupice se mnogo ne stvaraju jer se njihova lokalna površinska orijentacija razlikuje od smera prioritnog nagrizanja pri ecovanju. Kao rezultat, ova zrna su mnogo glatkija i izgledaju svetlije.

3. POVRŠINSKI NEDOSTACI KOJI SU IZAZVANI PARAMETRIMA ISTISKIVANJA I KAKO SE MOGU IZBEĆI

Veliki broj parametra treba kontrolisati tokom istiskivanja profila od Al-legura u toplom stanju, kako bi se obezbedio optimalni kvalitet površine. Na slici 4. prikazan je šematski crtež prese za istiskivanje.

Dole navedeni glavni parametri istiskivanja često izazivaju nastanak otpada u industrijskoj praksi usled lošeg kvaliteta eloksaza:

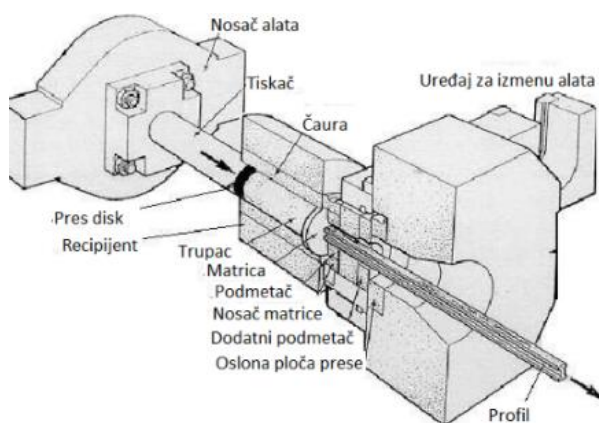
- a) Dužina presostatka trupca;
- b) Temperatura trupca;
- c) Temperatura recipienta;
- d) Brzina presovanja;
- e) Konstrukcija alata (matrice);

- Visina komora za svarivanje metala kod alata za šuplje profile;
- Veličina predkomore;

f) Intezitet hlađenja posle istiskivanja

Ponekad je naknadna analiza nedostatka veoma teška, jer izvestan broj gore pomenutih parametra izaziva isti nedostatak, a vrlo često se dešava da se istovremeno javi veći broj uzroka. Da bi se dao brži i koristan odgovor pogonu za istiskivanje, vrlo je važno da operateri na presi u saradnji sa kontrolom imaju pravu informaciju koju će dati službi koja je nadležna za nalaženje uzroka za nedostatke koji se javljaju na površini profila.

Otkrivanje uzroka loše površine profila posle eloksaže je veoma težak zadatak.



Slika 4. Elementi obradnog sistema prese za istiskivanje profila od Al-legura.

Obično, površina profila odmah posle istiskivanja Al-profila u toplom stanju je zadovoljavajućeg kvaliteta. Problem se otkrije tek posle alkalnog ecovanja. U ovakvim slučajevima, tehnička služba najčešće pogonu preporučuje proveru temperature recipijenta kod nesimetrične temperaturne distribucije i proveru grejača trupca.

a) Dužina sučeonog kraja trupca (pes ostatka)

Tokom procesa istiskivanja “kora” površine trupca se kreće nazad (u odnosu na pres disk) a unutrašnji deo trupca se potiskuje napred kroz alat pri istiskivanju u toplom stanju. Na spoljašnjem delu površine trupca postoji mnogo međumetalnih čestica, Mg_2Si i $AlFeSi$ (obično su veće nego u ostalom delu trupca). Da bi se izbeglo sakupljanje ovih čestica i prljavštine u alatu i na profilu, vrlo je važno odseći optimalnu dužinu trupca na kraju. Isuviše kratki sučeoni krajevi dovešće do upliva materijala spoljašnje površine trupca, a previše dugački sučeoni krajevi (pres ostaci) bili bi skupi zbog povećanog otpada materijala.

Najintezivnije prisustvo uzdužnih tragova je kod profila eloksiranih u prirodnoj boji, sa vrlo malim pres ostatkom zbog upliva kore površine trupca u površinu profila. Ako se utvrdi ovaj nedostatak, povećanjem dužine pres ostatka, može se uočiti da će problem biti rešen.

Iz ovih razloga, potrebno je da se pri određivanju tehnološkog postupka za istiskivanje profila koriste poznate formule za izračunavanje dužine (pres ostatka) sučeonog kraja u zavisnosti od dužine, prečnika i legure trupca.

U kadi za alkalno ecovanje, razlika u veličini i distribuciji međumetalnih (intermetalnih) čestica stvara razliku u reakciji

na ecovanje. Rezultat ecovanja javlja se kao uzdužne linije na površini profila. Uticaj “kore” sa površine trupca na sučeonom varu je rezultat načina protoka metala kroz alat.

b) Temperatura trupca

Ukoliko je temperatura trupca preniska u odnosu na temperaturu zidova recipijenta, onda će nastati promena u načinu protoka “kore” trupca usled prevelikog trenja. Rezultat toga je upliv površinskog materijala trupca kroz matricu i u profie. Pojava nedostatka na površini posle eloksaže je slična uticaju prekratkog (pres ostatka) sučeonog kraja trupca.

Razlika u temperaturi trupca utiče na veličinu zrna što rezultira različitom reakcijom ecovanja. Viša temperatura od nominalne vrednosti daje veća zrna. Profili koji su istiskivani sa velikim promenama u temperaturi trupca formiraju vrlo različite finalne površine posle eloksaže i stoga treba izbegavati postavljanje ovih profila jedan pored drugog. Temperatura trupca se kontroliše na grejačima peći za grejanje trupca. Normalno suženje (temperaturni gradijent) se koristi radi obezbeđivanja konstantne izlazne temperature profila u toku istiskivanja.

c) Temperatura recipijenta

Recijijent se predgreva, kako bi se postigla niža smicajna čvrstoća legure i željeni način protoka kroz alat. Temperatura recipijenta je obično između $390 - 420^{\circ}C$. Ukoliko je preniska, trupac se hladi po površini, što dovodi do lokalnog povećanog napona protoka. Time se ne može prekoračiti maksimalni pritisak istiskivanja jer onda neće moći da se obavlja istiskivanje. Previsoka temperatura recipijenta može se dostići u toku istiskivanja većeg naloga za proizvodnju sa velikim brzinama istiskivanja. Velike promene u temperaturi recipijenta mogu takođe da proizvedu promene u temperaturi trupca, što će manje ili više uticati na veličinu zrna.

d) Brzina istiskivanja

Brzina istiskivanja ima veliki uticaj na kvalitet površine profila, sa povećanjem brzine povećava se napon protoka, a time se povećava temperatura matrice. Povećana temperatura rezultira u većoj veličini zrna. Promena brzine istiskivanja utiče na kvalitet eloksaže na isti način kao i promena u temperaturi trupca i temperatuti recipijenta. Povećana veličina zrna može da izazove pri istezanju (štrekovanju) efekat “kora pomorandže” šta više, povećana temperatura dovodi do različitog ponašanja (načina) taloženja čestica Mg_2Si što izaziva razliku u reakciji ecovanja.

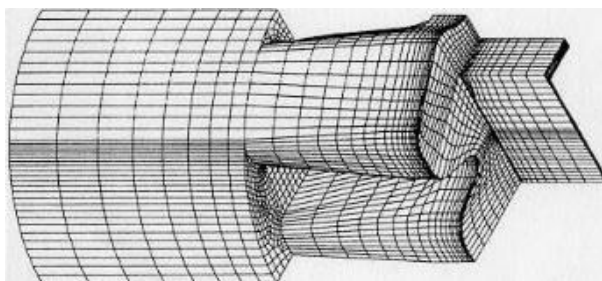
e) Dizajn matrice (Konstrukcija alata)

Dizajn matrice (konstrukcija alata) je jedan od najvažnijih faktora koji utiču na kvalitet površine posle eloksaže. Matrica za istiskivanje šupljih profila sadrži mostove za držanje trna, u okviru komora za svarivanje materijala. Visina mostova / komore za svarivanje ima uticaj na način protoka materijala.

Upoređivanjem linija i konstrukcije matrice može se uočiti da se linije (furnir-trag) javljaju na istom mestu kao i od pres ostatka pri istiskivanju. Da bi se pronašao uzrok linije (furnira) različite veličine zrna, može se analizirati numerička simulacija originalne matrice i modifikovane matrice. Slika 5. pokazuje primer FEM - mreže koja može objasniti ovu pojavu. Simulacije u ovom slučaju pokazuju da su lokalna temperatura i gradijent opsega deformacije najverovatnije izvori ovog problema i da bi bilo korisno modifikovati odnos između visine mostova i visine komore za svarivanje. Sa ovom modifikacijom temperaturna razlika između sučeonog vara i

ostatka zida profila bila bi smanjena. Ovo ne bi dalo skoro nikakvu promenu u veličini zrna između sučeonog vara i ostatka zida. Rezultat je jednaka reakcija ecovanja i skoro nevidljive uzdužne linije (furnire) nakon eloksaže.

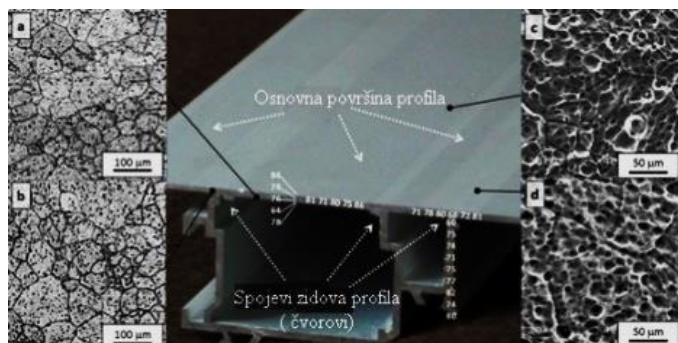
Neki alati za šuplje profile imaju veliku predkomoru. Kada se menja jedna legura drugom legurom, materijal profila nakon znaka za zaustavljenje treba odbaciti do izvesne dužine u zavisnosti od unutrašnjeg volumena matrice. Na pr. predpostavimo da nakon prolaska AA 6060 legura (usled greške) se menja u AA 6082. Ukoliko je zavarena površina sa mešavinom legure 6060 i 6082 pošalje za eloksažu, razlika u izgledu površine će biti dramatična nakon alkalnog ecovanja. Ove dve legure imaju veliku razliku što se tiče hemijskog sastava. Legura AA 6082 ima mnogo više silicijuma, magnezijuma i mangana od legure AA 6060. Rezultat je različita distribucija međumetalnih (intermetalnih) čestica (Mg_2Si i $AlMnSi$) i velika razlika u reakciji ecovanja. Legira AA6082 postiže grublju i više zrnastu finalnu površinu u odnosu na leguru AA 6060.



Slika 5. FEM mreža koje se može koristiti za analizu protoka materijala kroz alat.

f) Itežitet hlađenja posle istiskivanja

Nakon procesa istiskivanja profil se hladi na vazduhu ili u vodi kako bi se postigle željene mehaničke osobine. Sistemi za hlađenje se nalaze u okviru uzdužnog transportera na izlaznom stolu prese. Izlazni sto prese se još uvek sastoji od sistema grafitnih valjaka koji transportuju profil uz pomoć pulera. Kontakt između grafitnih valjaka i toplog profila pruzrokuje naglo lokalno hlađenje naležuće površine profila i pojavu crnih tačaka na površini profila koji se mogu otkriti tek posle eloksaže. One se zovu pregrejane tačke ili crne tačke, a razlog je kontakt između aluminijuma i grafita. Razdaljina između tačaka je ista kao i razdaljina između grafitnih valjaka. Na slici 6 prikazan je izgled profila sa pregrejanim tačkama (topli čvor).



Slika 6. Profil sa različito zagerjanim tačkama po konturi u procesu istiskivanja.

Pregrejane tačke se najčešće javljaju na masivnim ili šupljim profilima, kada se koriste grafitni valjci na izlaznom

stolu. Grafitni valjci izazivaju brzo hlađenje. Kada profili dođu do izlaza prese, tada počinje hlađenje. Tamo gde površina profila dođe u dodir sa grafitnim valjcima (naročito kada je veći zastoј zbog promene trupaca), brzina hlađenja je veća u poređenju sa delovima površine koji se nalaze u kontaktu sa vazduhom. Kada se profil kreće dalje, ove lokacije se ponovo zagrevaju usled više temperature na okolnom materijalu.

U ovom procesu je važna pojava Mg_2Si čestice. Kada se brzina hlađenja lokalno razlikuje koncentracija ovih čestica je različita. Promena u veličini zrna daje različitu reakciju alkalnog ecovanja (prioritetno ecovanje) što dovodi do obrazovanja dobro poznatih pregrejanih tačaka. Pojava ovih tačaka se uočava nakon eloksaže.

Površina profila koji dolaze u dodir sa grafitnim valjcima u toku promene trupaca imaju hrapaviji izgled u odnosu na normalne površine usled obrazovanja Mg_2Si čestica različite veličine i distribucije u odnosu na normalne površine. Eksperimentalno je utvrđeno da temperatura profila treba da bude niža od $250^{\circ}C$ (ukoliko profil stoji na grafitnim valjcima) kako bi se izbegle pregrejane tačke.

Da bi se izbegli problemi sa crnim tačkama na površini profila posle eloksaže, sve češće se koriste izlazni valjci izrađeni od kevlara koji je jako skup ali se sa njim izbegava ova vrsta problema.

4. ZAKLJUČAK

Tehnološki parametri u procesu istiskivanja profila od Al-legura u toplom stanju imaju značajan uticaj na vizuelni izgled površine profila posle eloksaže.

Najvažniji parametar koji definiše ovaj problem je izlazna temperatura profila, koja nesme da pređe granicu naknadne kristalizacije od $530^{\circ}C$. Ova temperatura je posledica neophodnog zagrevanja elemenata obradnog sistema i trupca, kao i njenog prirasta usled trenja trupca u recipijentu i alatu prilikom konačnog oblikovanja profila.

Crne tačke na profilima mogu se izbeći dobrom kontrolom izlazne temperature profila ili izmenom materijala za izradu izlaznih valjaka.

LITERATURA

- [1] M. Bauser, G. Sauer, K. Siegert, Strangpressen, Aluminium-Verlag Düsseldorf, 2001.
- [2] G. Scharf, D. Aachenbach, W. Gruhl, "Beeinflussung der Grobkornbildung bei Pressprofilen aus Aluminiumlegierungen", Z. Metallkunde, Bd. 60 (1969), H 6, 515ff.
- [3] W. Bunk, M. Ernst, "Qualitätskontrolle von Halbzeug durch Oberflächenbehandlung", Aluminium, 36. Jahrgang, 1960, 8, 441ff.
- [4] W. Sautter, "Gefügeabzeichnungen beim Glänzen und Anodisieren von Aluminium", Z. Metallkunde, Bd. 59 (1968), H. 7, 527ff
- [5] A. Teubler, "Beitrag zur Herstellung von stranggepresstem Aluminium in Glänzerqualität", Aluminium, 44. Jahrg. (1968), 4, 211ff.
- [6] Proceedings 5th International Aluminium Extrusion Technology Seminar, 1992, Chicago, USA

ANALIZA JAVNOG GRADSKOG PREVOZA U PRIGRADSKIM NASELJIMA

ANALYSIS OF PUBLIC TRANSPORT IN SUBURBAN AREAS

Milan Stanković, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Dejan Bogičević, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Pavle Gladović, *Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad*

Sadržaj - Postojanje putnika u procesu javnog prevoza postavlja izuzetno velike zahteve pred organizatore tog procesa, jer se svaki poremećaj u prevozu odražava na zadovoljstvo putnika kvalitetom prevozne usluge. Kvalitet javnog gradskog prevoza zavisi od politike planiranja razvoja grada i mobilnosti koja se danas razvija. Istraživanje je sprovedeno na određenom uzorku putnika koji koriste javni prevoz tako što se vršilo brojanje putnika u vozilima na liniji 33 prigradskog saobraćaja u Nišu. Brojači su bili postavljeni na svim vratima u autobusu i na već pripremljenim brojačkim obrascima upisivali ulaske odnosno izlaske putnika, kao i vremena polaska autobusa sa stajališta. Dobijeni rezultati su analizirani, grafički predstavljeni i na osnovu njih izveden zaključak.

Ključne reči: Javni prevoz. Prigradski saobraćaj. Broj putnika. Protok putnika

Abstract - The existence of passengers in the public transport puts extremely high demands on the organizers of this process, because any disturbance in the carriage of passengers reflects the satisfaction of the quality of transport services. The quality of public transport depends on the policy planning of the city development and mobility that is now developing. The survey was conducted on a given sample of passengers using public transport was carried out by counting passengers in vehicles on the line 33 suburban traffic in Nis. The counters were placed on all doors on the bus and ready-counting forms typed entry and exit of passengers, as well as the departure time of buses to stop. The results were analyzed, plotted and carried out on the basis of these conclusions.

Key words: Public transport. Suburban traffic. Number of passengers. The flow of passengers

1. UVOD

Važnost javnog gradskog prevoza predupređuje sve raspoložive resurse saobraćajne infrastrukture da učestvuju u razvoju njegove funkcionalnosti, efikasnosti i multimodalnosti. Zapostavljen u nekim zemljama za vreme perioda naglog porasta motorizacije, JGP¹ se sada smatra neophodnim za uspostavljanje estetskih, atraktivnih, ekološki čistijih, finansijskih i energetski racionalnih gradova sa aspekta prevozne usluge. Kao takav, JGP poslednjih godina dobija sve veću podršku gradskih uprava u saobraćajnoj politici i finansiranju.

Funcionisanje velikih gradova je nemoguće bez javnog gradskog prevoza. Veliki broj stanovnika i veliki broj radnih mesta stvara deficit prostora. Javni gradski prevoz je prema tome jedan od najznačajnijih sektora čiji je zadatak stvaranje „opravdanog urbanog okruženja“, u svetu definisanog pod pojmom održivog razvoja. JGPP je najznačajniji vid prevoza u uslovima ograničenog prostora po putniku i trenutno je najbolji odgovor na potrebe prevoza u gusto naseljenim gradskim područjima.

Brzine putovanja za vozila JGPP-a, koja se kreću po drumskim saobraćanicama, zavisi od toga koliko je vozilo

blizu centra grada, i kreću se od 8 do 24 km/h na glavnim saobraćajnicama koje vode u centar i od 5 do 15 km/h na saobraćajnicama u samom centru grada.

Prema UITP², JGP je ekonomičniji vid od automobila u gradovima gde je gustina stanovanja veća od 20 stanovnika po hektaru. JGP troši 4 puta manje energije po prevezenom putniku i najzad, površinski JGP koristi znatno manje putnog prostora od automobila. Uspešni JGP zahteva kombinaciju mera koje kontrolišu preteranu upotrebu automobila uz razvoj konkretne usluge JGP-a. Tumačenje dobijenih rezultata treba da doprinese realizaciji željenog kvaliteta u korist korisnika javnog prevoza. Na osnovu toga može se u budućem periodu planirati takav sistem prevoza koji će zadovoljiti očekivanja što većeg broja korisnika, a samim tim doprineti boljem kvalitetu usluge.[1][2]

Očekivani efekti bi trebalo da se u postojećem sistemu javnog prevoza odraze na strukturu sistema javnog prevoza, odnosno da se iz postojećeg stanja pređe na ono koje zadovoljava transportne potrebe i zahteve stanovnika prigradskih naselja, po obimu, kvalitetu i na optimalan način. U pojednostavljenom obliku, sa maksimalnom efikasnošću i funkcionalnošću uz brigu o očuvanju životne sredine.

¹ Javni gradski prevoz

² Međunarodna asocijacija javnog prevoza

U prvom delu rada date su osnovne karakteristike prigradskog prevoza u sistemu javnog gradskog prevoza u Nišu. Kao primer uzeta je linija 33 (Niš – Sečanica) i na njenom primeru istaknut značaj postojanja i funkcionisanja prigradskih linija. Analizirano je postojeće stanje linije kroz grafičke prikaze broja putnika i protoka putnika po polascima u toku radnog dana. Zbog obima istraživanja, podaci za subotu i nedelju, u pogledu broja i protoka putnika, nisu razmatrani u ovom radu.

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE PRIGRADSKOG PREVOZA U NIŠU

Grad Niš ima izraženu monocentričnu strukturu koja je posledica geografskog položaja i njegove strukture. U zahtevima za prevozom u sistemu JGP-a, Niš ima izraženi broj putovanja od oboda ka centru grada zbog velike koncentracije u centralnom gradskom području i samih aktivnosti u njemu. S druge strane, izdužen položaj grada uz reku Nišavu gde je najveća koncentracija stanovanja i radnih mesta, značajno ističe osnovni koridor, duž koga se ostvaruje najveći transportni rad sistema, kao posledica najjačih putničkih tokova.

Potrebe za ovakvim prevoznim zahtevima se zadovoljavaju mrežom radijalnih i dijametralnih linija. Osnovni problem koji može da se javi je uspostavljanje veze između ponuđenih kapaciteta i zahteva kada oni nisu objektivno utvrđeni. Pored toga, treba voditi računa i o odnosu JGP-a i ostalih vidova transporta, zbog porasta zagušenja na ulivnim potezima u centru, nedostatka mesta za parkiranje...

Mreža prigradskih linija koncipirana je na primeni sledećih principa:

☐ Ostvariti tehnološko jedinstvo gradskog i prigradskog prevoza, integrisanjem ove dve vrste prevoza u osnovnim tehnološkim elementima (zajednička stajališta, jedinstvo tarifnog sistema, sistema karata i sistema naplate);

☐ Javni prevoz mora biti dostupan svim stanovnicima;

☐ Izjednačiti uslove korisnicima u korišćenju usluga postojeće prigradske autobuske stanice.

Prigradski prevoz predstavlja vid prevoza sa slabim putničkim tokovima, gde su često linije definisane polascima vozila do određenih mesta, često uz vezana vremena i uz dosta nepovoljnu infrastrukturu.

Ukupna eksploataciona dužina prigradske mreže linija u Nišu iznosi 561.8 km, dok se građevinska dužina mreže nije menjala i ostala je na nivou 241.40 km. Ovo znači da indeks preklapanja mreže iznosi 2.33 u odnosu na 2.29 u 2006.god., što je posledica potrebe za granjanjem linije uglavnom nakon dužeg zajedničkog dela trase, radi povezivanja udaljenih naselja, tako da nije redak slučaj da liniju definiše minimalan broj polazaka do takvih mesta. Takve linije u suštini predstavljaju samo podlinije drugih prigradskih linija sa delimično izmenjenom trasom. [3]

Ukupan broj stajališta je 420, a srednja dužina međustaničnog rastojanja na mreži prigradskih linija iznosi 1.05 km.

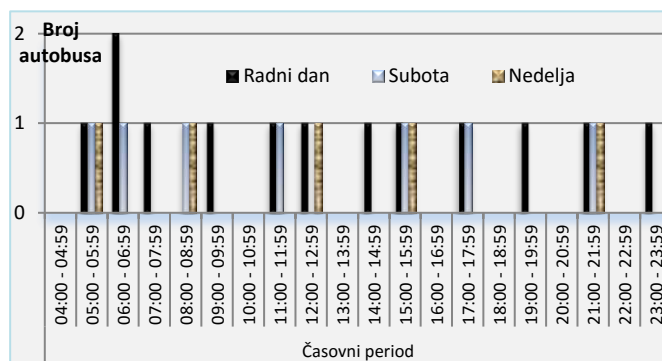
Na teritoriji Grada Niša, u gradskom i prigradskom prevozu putnika, primenjuje se zonski tarifni sistem. Prva i druga zona su gradske, a treća i četvrta prigradske.

3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA LINIJE 33 U NIŠU

Sečanica je naseljeno mesto u gradskoj opštini Crveni Krst na području grada Niša u Nišavskom okrugu. Smešteno je u dolini Malog Jastreba, pred ulazom u supovački prolaz, na oko 14 km severozapadno od centra Niša. Živi 723 punoletna stanovnika, a prosečna starost stanovništva iznosi 44,8 godina (43.3 kod muškaraca i 46.4 kod žena). U naselju ima 259 domaćinstava, a prosečan broj članova po domaćinstvu je 3.37. [4]

Prigradsko mesto Sečanica spada u treću zonu postojećeg zonskog sistema u Nišu. Dužina ove linije iznosi 18,7 km, a vreme obrta je 90 minuta.

Trasa linije prolazi kroz sledeće ulice: PAS Niš, Bulevar 12.februar, ulica Knjeginje Ljubice, Generala Milojka Lešjanina, Vardarska, Jovana Ristića, Dimitrija Tucovića, Toplički Partizanski odred u naselju „9.maj“, put za Mramor, putem L-6 kroz Kruške i Lalinske Pojate, zatim putem L-6.2 do Sečanice. U povratku istom trasom do ulice Jovana Ristića, zatim Trg K.A., ulica Knjeginje Ljubice, Bulevar 12.februar, PAS Niš.



Dijagram 1. Učestalost vozila na liniji za smer Niš-Sečanica u toku perioda rada linije

Sa dijagrama 1 se može videti da jedino u vremenskom periodu od 06:00 – 06:59 postoje dva polaska sa glavne autobuske stanice, dok je u svim ostalim periodima, što se tiče radnog dana po jedan polazak. S obzirom na dužinu vremena obrta, može se reći da su polasci ka Sečanici zastupljeni ravnomerno.

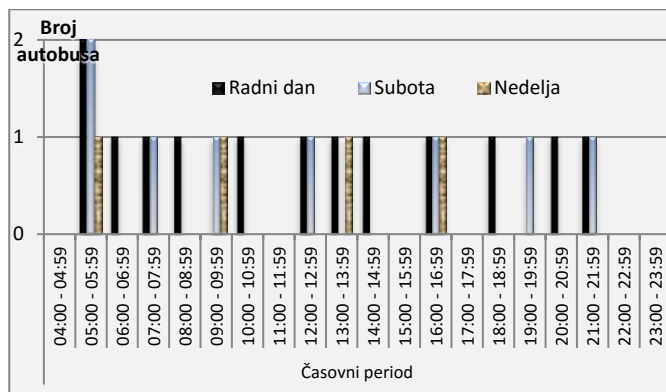
U periodu od 05:00 – 08:00 su polasci u svakom jednočasovnom posmatranom periodu, što se potkrepljuje činjenicom da je reč o jutarnjem vršnom periodu. Sličan slučaj je i u popodnevnom vršnom periodu, dok posle 16:00 polasci postoje u svakom drugom satu posmatranog perioda. U vremenskom periodu od 23:00 – 23:59 postoji jedan polazak što je izuzetno dobro s obzirom na ljude koji su zbog privatnih poslova prinuđeni da se tada vraćaju kući.

Što se tiče polazaka za subotu, postoji ravnomeran broj polazaka u periodima od 05:00-09:00, dok se kasnije javlja razudenost polazaka. Karakteristično je da iako je subota pijačni dan, ne postoje polasci u periodu od 11:15 - 15:45 što predstavlja vrlo ozbiljan problem. Poslednji polazak je u 21:00 pa se nameće pitanje da li je u realnosti potreban još jedan kasniji polazak.

Nedelja je inače dan kada na liniji radi manji broj vozila u odnosu na radni dan. U periodu od 05:00 – 16:00 je

ujednačen raspored polazaka. Nasuprot tome, u večernjim časovima javlja se praznina u polascima, što ilustruje i podatak da je nakon polaska u 15:45 sledeći tek u 21:00, što predstavlja ujedno i poslednji polazak ka Sečanici.

Još jedna karakteristika je da u periodima od 05:00 - 05:59, 15:00 - 15:59 i 21:00 - 21:59 za radni dan, subotu i nedelju uvek postoje polasci. Polasci u 23:35 za radni dan i 21:00 za nedelju ne vraćaju se u Niš, oni ostaju u Sečanici i tako opslužuju jutarnje polaske iz Sečanice ka Nišu.



Dijagram 2. Učestalost vozila na liniji za smer Sečanica-Niš u toku perioda rada linije

Odmah se može uočiti na dijagramu 2 da se u jednočasovnom periodu od 05:00 - 05:59 realizuju dva polaska ka Nišu. U ostali periodima rada linije za radni dan, polasci su raspoređeni ravnomerno, pa se može reći da zadovoljavaju potrebe građana koji žive u Sečanici.

Za subotu su polasci smanjeni, ali se još uvek može reći da zadovoljavaju potrebe građana s obzirom na doba dana o kome se radi. Takođe se javlja veći interval između dva polaska što je i prikazano na grafiku u periodu između 12:00 - 16:25. Poslednji polazak za subotu i radni dan je u 21:50.

Prvi polazak u nedelju ka Nišu je u periodu od 05:00 - 05:59, kao i za radni dan i subotu. U vremenskim periodima od 09:00 - 17:00 polasci su shodno nedeljnom redu vožnje prihvatljivi, ali se takođe može videti i da im je poslednji autobus iz Sečanice baš u tom periodu, tačnije u 16:15.

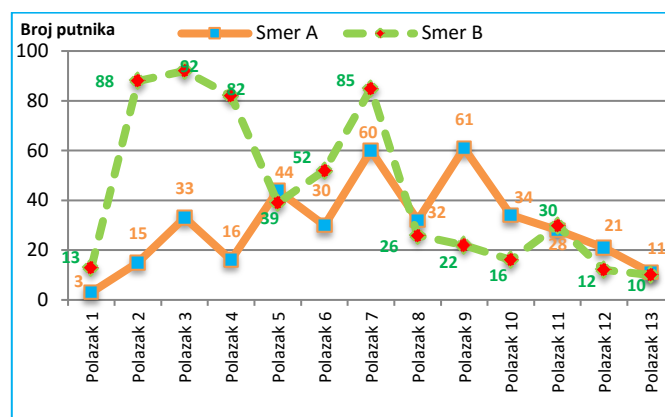
3.1. PRIKAZ BROJA PUTNIKA PO POLASCIMA NA LINIJI 33

Da bi smo mogli da razumemo kretanje žitelja ovog naselja, a koji su uslovljeni korišćenjem prigradskog prevoza, analiziraće se ukupan broj putnika koji se javlja za svaki polazak iz Niša i ka Nišu.

Na osnovu dobijenog grafičkog prikaza, moguće je analizirati vremenski period u kome se javlja veća mobilnost i samim tim utvrditi najopterećenije polaske, pronaći rešenje za njihovo smanjenje i ravnomernije opterećenje, kao i ciljne aspekte zbog kojih u nekim delovima dana nema nijednog polaska.

Na dijagramu 3 se mogu izraženije videti oscilacije u broju putnika u smeru A, u kome se maksimalna vrednost broja putnika javlja kod sedmog i devetog polaska i dostiže vrednost 60 odnosno 61 putnika. Počevši od prvog polaska broj putnika postepeno raste do trećeg polaska kada počinje naizmenično da opada i raste. Od devetog polaska broj put-

nika postepeno opada, tako da u poslednjem polasku broj putnika je 11.

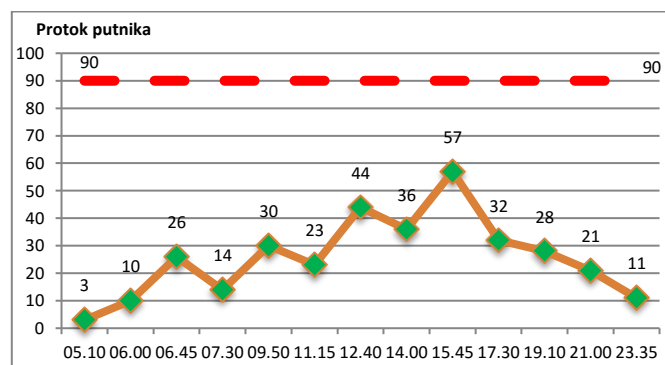


Dijagram 3. Broj putnika po smerovima na liniji 33 za radni dan

U smeru B takođe postoje oscilacije broja putnika u zavisnosti od polaska, ali su one u blažoj formi nego što je to u smeru A. Od prvog polaska kada je bilo 13 putnika, ovaj broj naglo raste do vrednosti 88 pa i do 92 putnika u trećem polasku, što predstavlja i najveću vrednost broja putnika u smeru B. Broj putnika zatim opada u petom polasku na 39 putnika, a zatim ponovo raste na vrednost 85 putnika u sedmom polasku. Nakon toga broj putnika postepeno opada do vrednosti od 10 putnika u poslednjem trinaestom polasku.

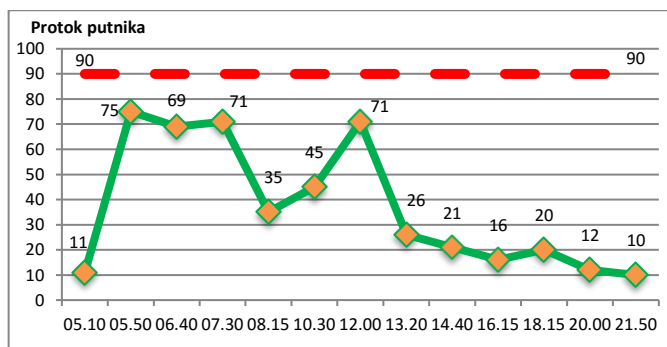
3.2. PROTOK PUTNIKA PO POLASCIMA NA LINIJI 33

Poznavajući podatke o broju putnika i njihovoj raspodeli po polascima u toku dana, mogu se grafički predstaviti oscilacije vrednosti protoka putnika u zavisnosti od kapaciteta autobusa koji radi na toj liniji (predstavljeno horizontalnom isprekidanom linijom). Za radni dan, za oba smera, biće prikazane promene protoka na dijagramu 4.



Dijagram 4. Protok putnika u smeru Niš-Sečanica za radni dan

Počevši od prvog polaska u 5:10 protok putnika se uz manje oscilacije povećava i svoju maksimalnu vrednost dostiže sa polaskom u 15:45 i iznosi 57 put/h. Nakon toga počinje skoro linearno da opada. Najmanja vrednost protoka nije zabeležena u poslednjem polasku u 23:35 već u prvom polasku kada je iznosio 3 put/h.



Dijagram 5. Protok putnika u smeru Sečanica-Niš za radni dan

Posmatrajući liniju 33 u smeru Sečanica-Niš (dijagram 5), možemo uočiti variranje protoka u toku celodnevnog rada linije. U prvom polasku, kada se javlja i najmanji protok 11 put/h, njegova vrednost ekstremno raste već u drugom polasku u 5:50 i dostiže vrednost od 75 put/h, što predstavlja i maksimalnu vrednost protoka za ovaj smer za radni dan. Ovako visoke vrednosti protoka se zadržavaju i u naredna dva polaska kada počinje da opada do vrednosti 35 put/h, a zatim ponovo raste i u polasku 12:00 iznosi 71 put/h. Nakon toga počinje da opada do poslednjeg polaska.

4. ZAKLJUČAK

Povećanje kvaliteta javnog prevoza smanjenjem vremena putovanja je postepen i spor proces realizacije statičkih i dinamičkih parametara koji karakterišu javni prevoz kao sistem. Planiranje i projektovanje javnog prevoza mora polaziti od korisnika koji subjektivno ocenjuju kvalitet i imaju različite stavove i ponašanja.

Na primeru prigradske linije 33 u Nišu opisano je njeno funkcionisanje iskazano brojem putnika. Takođe, za svaki polazak u toku radnog dana predstavljene su vrednosti protoka putnika, a time i iskorišćenje kapaciteta vozila.

U ovom istraživanju brinulo se o korisnicima koji prvenstveno zavise od javnog prevoza. Potrebno je svakodnevno pratiti rad vozila na ovoj liniji i razmišljati o unapređenju postojeće mreže linija nekom od mera u budućem periodu primenom inteligentnih transportnih sistema.

LITERATURA

- [1] P. Gladović, "Sistem kvaliteta u drumskom transportu", *Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu*, Novi Sad 2012.
- [2] R. Banković, "Organizacija i tehnologija javnog gradskog putničkog prevoza", *Saobraćajni fakultet u Beogradu*, Beograd 1994.
- [3] S. Filipović, "Studija javnog gradskog i prigradskog prevoza putnika na teritoriji grada Niša", *Saobraćajni fakultet u Beogradu*, 2007.
- [4] Statistički godišnjak Grada Niša, Grad Niš, *Uprava za privredu, održivi razvoj i zaštitu životne sredine, odsek za statistiku*, Niš 2014.

ANALIZA GEOMETRIJSKIH GREŠAKA PRI IZRADI PROFILA OD AL-LEGURA THE GEOMETRIC DEFECTS ANALYSIS IN AL-ALLOYS PROFILE PRODUCTION

Nada Stojanović, Tomislav Marinković, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U ovom radu su prikazane najčešće geometrijske greške na profilima od Al legura serije 6000, dobijenih tehnologijom istiskivanja u toplom stanju. Pored analize geometrijski grešaka grešaka, objašnjena je i geneza njihovog nastanka, što je posebno važno za korektore alata koji su najčešće u situaciji da odrede dijagnozu pri nastanku problema prilikom prebe alata. Pogrešne odluke pri korekciji alata imaju za posledicu vremenske i materijalne gubitke koje u konačnom utiču na poslovanje firme.

Ključne reči: profili, geometrijske greške, istiskivanje, Al-legure..

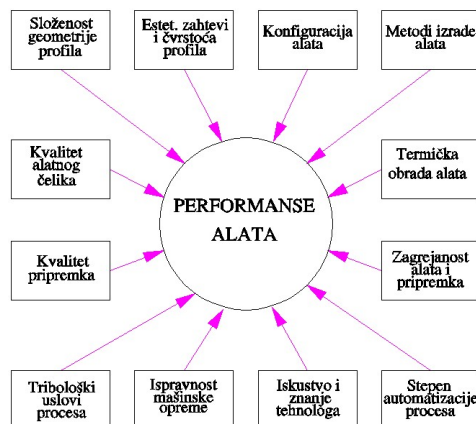
Abstract - In this paper we present the most common geometric errors in the profiles of aluminum alloys series 6000, obtained by the technology of extrusion in the hot state. In addition to the analysis of geometric errors the genesis of their creation is explained, which is especially important for correction of tools, that are usually in a position to determine the diagnosis in the cause of problems during testing tools. Wrong decisions made in the correction of tools have resulted in time and material losses that ultimately affect the company's business.

Key words: shapes, geometric errors, extrusion, Al-alloy ...

1. UVOD

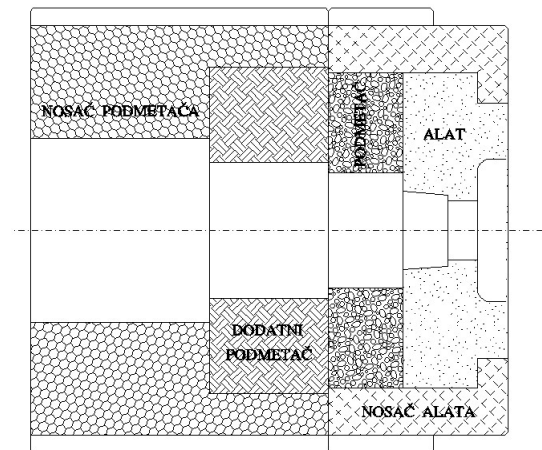
U tehnologiji izrade Al-profila, naročito šupljih, najvažniji segment jeste alat. Od performansi alata u najvećoj mogućoj meri zavisi produktivnost proizvodnje, opšti kvalitet proizvoda, stabilnost tehnološkog procesa i njegov vek trajanja (sl. 1.) [1],[3].

Mnoštvo faktora i njihovih interakcija koji utiču na performanse alata za istiskivanja Al-profila zahtevaju od konstruktora alata visoku stručnost, kreativnost i praktično iskustvo, a danas i u buduću sve intenzivnije korišćenje CAD/CAM/CAE tehnika i računara. Nedostaci i propusti u projektovanju tehnološkog postupka i alata iskazuju se u sadašnjoj praksi, najčešće naknadnim (i skupim) korekcijama alata, što bi u buduću trebalo da bude pre izuzetak nego pravilo.



Slika 1. Performanse alata.

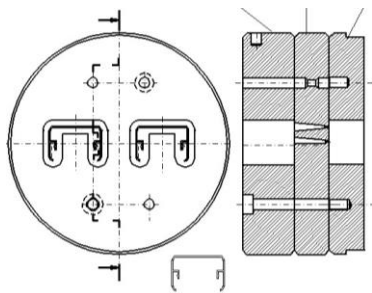
Što se alata tiče, na osnovi geometrijske podele profila, postoje alati za istiskivanje punih, šupljih i polušupljih profila, čiji sklop čine elementi pokazani na slici (2.).



Slika 2. Sklop alata.

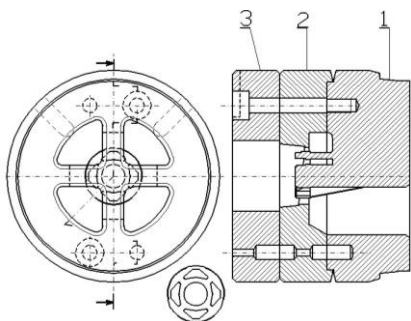
Alati za istiskivanje punih profila sastoje se od prednje ploče, prstena za istiskivanje i zadnje ploče. Kod ovih alata se na prednjoj ploči vrši predoblikovanje (predredukcija) metala, a u prstenu za istiskivanje se vrši konačno oblikovanje profila. Zadnja ploča služi za osiguranje konzola na alatu.

Cevi i šuplji profili od Al i Al-legura se danas industrijski u znatnoj meri istiskuju kombinovanim mostnim alatima. To su višedelni alati sastavljeni od trna (poz. 1.), prstena za istiskivanje (poz. 2.) i podmetača (poz. 3.) smeštenih u posebnom nosaču (sl. 4.).



Slika 3. Dvožilni alat za istiskivanje punih profila

Kao pripremi najčešće se koriste okrugli trupci, zagrejani na radnoj temperaturi, koji se na ulazu u (zagrejani) alat cepaju u dva ili više dela. Razdvojeni delovi metala optiču oko mosta trna, te se u posebno oblikovanom prostoru između prstena za istiskivanje i trna (komorama za svarivanje), ponovo spajaju (svaruju) i ističu iz alata kao šuplji profili [2],[4]. U ovom procesu prsten za istiskivanje oblikuje spoljašnji deo zida profila, a kalibrirajući deo trna unutrašnji deo zida.



Slika 4. Alat za istiskivanje šupljih profila

Broj ulaznih komora u kombinovanim mostnim alatima (i broj mostova) zavisi od geometrije profila i stepena redukcije, a najčešće se kreće od dva do šest, ređe i do deset. Veći broj je pogodniji sa stanovišta sigurnosti alata u pogledu loma, a manji omogućuje veće brzine istiskivanja (manje je trenje) i lakše postizanje optimalne vrednosti stepena redukcije.

2. UTCAJNI FAKTORI ALATA NA POJAVU GEOMETRIJSKIH GREŠAKA PRI ISTISKIVANJU PROFILA

Da bi se ostvario zahtevani kvalitet profila, kako u pogledu strukture, tako u pogledu geometrijske i dimenzione konfiguracije, neophodno je postići, da brzina tečenja materijala po poprečnom preseku bude identična u svim njegovim tačkama. Ako se ovo ne postigne, doći će do nepravilnog tečenja u alatu, što će dovesti do manjih ili većih odstupanja od zahtevanih dimenzija. Prilično korektna slika o brzini tečenja u pojedinim tačkama konture, može se videti na početnom parčetu profila, koje je vrlo značajno i za nahnadnu korekciju alata.

Zadatak konstruktora je da proračuna i pravilno dimenzioniše alat, obezbedi njegovu sigurnost od loma i odredi parametre alata koji utiču na pravilno isticanje profila. Najvažniji parametri alata koji utiču na ove elemente su:

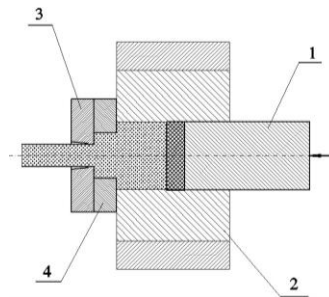
- saosnost elemenata obradnog sistema;
- sklapanje alata;
- radna temperatura;
- veličina kalibrirajućih površina na gravuri alata;
- oblik i dimenzije prednje ploče kod alata za pune profile;

f) oblik i dimenzije ulaznih komora na trnu kod alata za šuplje profile;

g) položaj kalibrirajuće površine u odnosu na baznu površinu.

a) Saosnost elemenata obradnog sistema

Pošto se zna da je raspored pritiska pri istiskivanju priprema paraboličan, konstruktor alata polazi od te činjenice pri proračunu i konstrukciji alata. Iz pomenutog razloga neophodno je da ose tiskača, recipijenta i alata budu kolinearne (sl. 5.).



Slika 5. klip 2., recipijent 3., prsten za istiskivanje 4., trn ili prednja ploča

b) Sklapanje alata

Pre ubacivanja alata u peć za grejanje potrebno je kontrolisati položaj alata u nosaču i veličinu zazora između alata i nosača. Veliki zazor u nosaču i nepravilno naleganje može dovesti do loma alata.

c) Radna temperatura

Da bi se obezbedili povoljni uslovi za proces istiskivanja treba se obezbediti kontrolisana temperatura (zavisno od legure) alata, priprema i recipijenta. Nedovoljna zagrejanost ovih elemenata može dovesti do otežanog isticanja i "štopovanja" u procesu, a često i do loma alata.

Previsoka temperatura prenaglašava manje greške na alatu tako da se često u ovakvim slučajevima donosi pogrešna odluka o vrsti korekcije na alatu.

d) Veličina kalibrirajućih površina na gravuri alata

Kalibrirajuće površine imaju dva vrlo važna zadatka pri istiskivanju profila:

- daju konačan oblik profilu u tolerancijama prema zahtevu kupca;
- najvažniji su regulator brzina isticanja pojedinih tačaka na profilu.

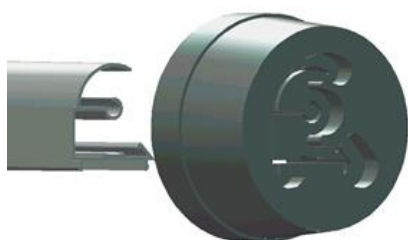
Dimenziona tačnost izrade konture profila zavisi od preciznosti mašine na kojoj se radi kontura i od kvalifikovanosti i snalažljivosti radnika. Obično to nije veći problem jer zahtevana tačnost je sa tolerantnim poljem ne manjim od nekoliko stotih delova milimetra.

Raspored brzine isticanja na delovima gravure alata zavisi najvećim delom od veličine kalibrirajućih površina. Veličina kalibrirajućih površina zavisi od velikog broja faktora, a najuticajniji su:

- debljina zidova na konturi profila;
- geometrijski oblik pojedinih detalja na konturi profila;
- udaljenost pojedinih detalja konture od težišta alata;
- stepen redukcije profila.

e) Oblik i dimenzije prednje ploče kod alata za pune profile

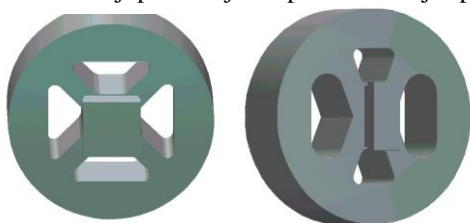
Prednja ploča se konstruktivno izvodi sa ulaznim komorama i služi za predoblikovanje i usmeravanje materijala prema prstenu za istiskivanje. Oblik i veličina komora na prednjoj ploči zavisi od oblika i veličine konture zahtevanog profila. Oblikom i veličinom ulaznih komora može se uticati i na brzinu isticanja pojedinih detalja gravure. Na slici 6. dat je oblik komore prednje ploče za jedan specifičan profil. U tabeli T1. 01., dat su primeri grešaka otvorenih profila ("U" profila) u zavisnosti od neadekvatnog oblika prednje ploče.



Slika 6. Prednja ploča alata

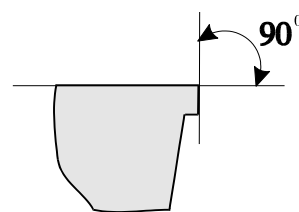
f) Oblik i dimenzije ulaznih komora na trnu kod alata za šuplje profile

Alati za šuplje profile (imajući uvidu samo trn i prsten za istiskivanje), konstruktivno se obično izvode dvodelno. Oblik komore zavisi od veličine i oblika željenog profila. Iskustvo je pokazalo da bi površina poprečnog preseka komora trebalo da bude veća 10 do 16 puta od poprečnog preseka profila, kako bi se obezbedio najoptimalniji stepen redukcije procesa.



Slika 7. Raspored i oblik komora na alatima za kvadratni i pravougaoni presek profila

g) Položaj kalibrirajuće površine u odnosu na baznu površinu



Slika 8. Položaj kalibrirajuće površine u odnosu na baznu.

Neophodno je konstrukcijom predvideti i pri izradi ispoštovati zahtev da kalibrirajuća površina bude pod uglom od 90° u odnosu na baznu površinu. Veći ugao od 90° povećava veličinu kalibrirajuće površine tako da manje ili više usporava brzinu tečenja materijala od planirane.

Manji ugao od 90° smanjuje iskorišćenje kalibrirajuće površine tako da može bitno da utiče na povećanje brzine isticanja materijala.

Dobro konstruisan i dobro urađen alat, pre svaga, odlikuje se u tome da obezbeđuje pri istiskivanju, približno iste brzine isticanja u svim tačkama konture, što je osnovni uslov za geometrijsku tačnost profila. Zbog grešaka konstrukcije ili izrade može doći do razlike u brzini isticanja na pojedinim delovima konture profila. Ove greške mogu biti trojake:

- greške usled različite brzine isticanja na konturi po obimu profila, tabela (T-3. 01.) i (T-3. 03.);
- greške usled različite brzine isticanja na pojedinim zidovima profila, (T-3. 02.) (T-3. 04.);
- najčešće se sreću greške koje su kombinacija predhodnih.

Za brzu i efikasnu korekciju alata neophodno je prepoznavanje ovih grešaka, i suštinsko razumevanje jer nije redak slučaj, da nevest korektor alata, posle korekcije dobije još lošiji profil.

Tabela T-1. Greške usled različite brzine isticanja po obimu gravure alata otvorenih "U" profila

Naziv greške	Skica greške	Dijagrami brzina isticanja po obimu gravure alata (profila)	Izgled komore prednje ploče koji bi uzrokovao istu grešku
1. Savijanje profila			
2. Uvijanje profila			
3. Talasanje profila			

Tabela T-2. Greške usled različite brzine isticanja po obimu gravure alata zatvorenih pravougaonih profila

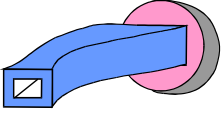
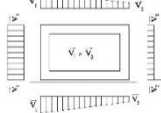
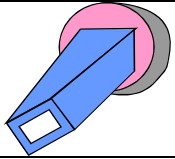
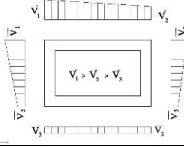
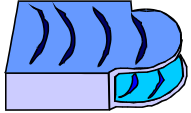
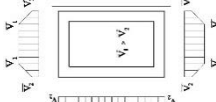
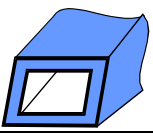
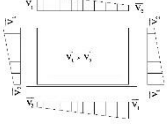
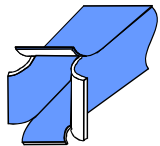
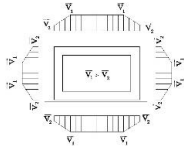
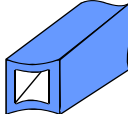
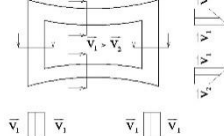
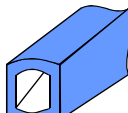
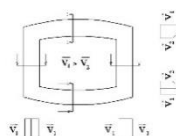
Naziv greške	Skica greške	Dijagrami brzina isticanja po obimu gravure alata (profila)
1. Savijanje profila		
2. Uvijanje profila		
3. Talasanje profila		
4. Iskošenje profila		
5. Cepanje profila		

Tabela T-3. Greške usled različite brzine isticanja na zidovima gravure alata zatvorenih pravougaonih profila

Naziv greške	Skica greške	Dijagrami brzina isticanja na zidovima gravure alata (profila)
6. Konkavnost profila		
7. Konveksnost profila		

3. ZAKLJUČAK

Mnoštvo faktora koji utiču na performanse alata za istiskivanje Al-profila zahtevaju od konstruktora visoku stručnost, kreativnost i praktično iskustvo. Nedostaci i propusti pri projektovanju tehnološkog postupka i alata pokazuju da se u sadašnjoj praksi, najčešće problem rešava naknadnim i skupim doradama alata što bi u buduću to trebalo da bude pre izuzetak nego pravilo.

Ovo su bili motivi, da se u ovom radu pristupi detaljnjoj analizi geometrijskih grešaka na profilima dobijenim istosmernim istiskivanjem Al-legura. U radu je načinjen pokušaj sistematizacije ovih grešaka i njihovo objašnjenje putem dijagrama brzina pojedinih delova na gravuri alata, kako bi se ovaj problem bolje razumeo i time se pomoglo konstruktorima alata da se potrebe za korekcijama svedu na minimalnu meru.

LITERATURA

- [1] Avent I., J. Gagg, A. Castle.: The Design and Manufacture of Dies for the Extrusion of Complex Shapes and High Tolerance Tubes, "Aluminium Extrusion", 39(1998)2.
- [2] Marinković T., Marinković V., Popović P.: Determination of tensile strength of welded joint and width of tube obtained by process of extruding aluminium alloys in bridge tool, Journal for technology of plasticity, Vol. 20, No1/2, 1995.
- [3] Marinković T., Marinković V.: Design and manufacturing of Al-profile extrusion tools of intricate shapes and of narrow tolerance tubes, Third International Conference HM'99, Kraljevo, 1999.
- [4] Zasadzinski, J. et al.: Weld quality in extruded Aluminium hollow sections. Light Metal Age, 51(1993)5/6.

IZMERITELJI EFEKTIVNOSTI U TRANSPORTNOM PROCESU INDICATORS OF EFFECTIVENESS IN THE TRANSPORT PROCESS

Dušan Radosavljević, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Marjana Radosavljević, *JKP Parking servis Niš, Orlovića Pavla 24, Niš*

Sadržaj - *Postizanje održivog drumskog transporta zahteva postojanje metoda za merenje njegove efektivnosti, odnosno efektivnosti drumskih vozila i vozača. U ovom radu je predstavljen pregled literature, primeri dobre prakse i izmeritelj OVE Human koji se koristi kao alat za ocenu ukupne efektivnosti transportnog procesa, a koji se može implementirati u lokalnoj sredini.*

Ključne reči: Efektivnost, Izmeritelj, Transportni proces, Održivost.

Abstract - *Achieving sustainable road transport requires the existence of methods for measuring its effectiveness, and efficiency of road vehicles and drivers. This paper presents a review of literature, examples of good practice and measurers RES Human which is used as a tool for assessing the effectiveness of the transport process, which can be implemented in the local community.*

Key words: Effectiveness, Performance measures, Transport process, Sustainability.

1. UVOD

Razvijena i odgovorna društvena zajednica jača svest o potrebi sopstvene održivosti i deluje kroz izgradnju moralnih kriterijuma i usvajanje zakonskih smernica. Težnja je da se razvije jedan racionalni transportni sistem koji ispunjava ostvarive kriterijume koje pred njega istovremeno postavljaju društvena zajednica i privredno okruženje. Ovako razvijen transportni sistem može podsticati:

- povećanje energetske efikasnosti voznog parka,
- smanjenu učešća transportnih troškova u ceni proizvoda,
- povećanje bezbednosti saobraćaja,
- smanjenje zavisnosti od neobnovljivih izvora energije,
- povećanje bruto domaćeg proizvoda (BDP),
- bolji ambijent za život,
- čistija i zdravija životna sredina i
- sigurnija budućnost novih generacija.

Dostizanje održivog transportnog procesa je cilj koji se može realizovati uzajamnim delovanjem više činilaca od kojih se naročito izdvajaju:

- država, odnosno društvena zajednica,
- realizatori transportnog procesa,
- obrazovna, stručna i naučna zajednica.

Država kao društveno politička zajednica kreira najpovoljnije rešenje za svoje građane na osnovu trenutnog unutrašnjeg stanja, a u interakciji sa okruženjem. Država određuje politiku, smernice, vremenske rokove za njihovu implementaciju, a pri tom definiše ograničenja, stepen slobode i ambijent za realizaciju održivog transporta. Ona pravi ambijent u kome će delovati činioци transportnog procesa. Institucije sistema prema ciljevima iz politike razvoja društva u-

obličavaju zakone, propise, poresku politiku i strategije razvoja. Adekvatno uspostavljen ambijent usmerava transport ka održivom razvoju [1].

Činioci transportnog procesa kao osnovni cilj imaju povećanje koristi, odnosno maksimizaciju profita. Oni svoje delovanje prilagođavaju definisanom ambijentu i kroz racionalizaciju traže put ka većem profitu.

Obrazovna, stručna i naučna zajednica ima zadatak da ukaže na posledice razvoja u narednom periodu što državi omogućava da koriguje politiku i donese kvalitetnu odluku. Na drugoj strani potrebno je upravljati transportnim procesom u datom ambijentu i unaprediti ga u skladu sa ciljevima održivosti. Upravljanje transportnim procesom podrazumeva prilagođavanje savremenim i budućim tehnološkim zahtevima koji se odnose na:

- proizvodnju i pakovanje dobara,
- proizvodnju i nabavku transportnih sredstava,
- eksploataciju i održavanje vozila,
- transportnu uslugu,
- infrastrukturu i drugo.

U cilju efikasnijeg upravljanja transportnim procesom i funkcionisanja privrede i društva u celini svi akteri moraju biti povezani tokovima informacija i aktivnostima. Činioci transportnog procesa rade i sakupljaju informacije o svom radu. Obrazovna, stručna i naučna zajednica razvija nova rešenja, sakuplja strana iskustva i najbolje prakse, unapređuje metode i procese, obrađuje ih i pomaže ostalim akterima u dostizanju cilja koji je postavila država.

Značaj istraživanja u ovom radu je upravo u tome da se opravda postojanje obrazovne, stručne i naučne zajednice kojoj pripadamo. Činiocima transportnog procesa potrebno je predstaviti savremena metode i tehnologije u cilju rešavanja problema sa kojima se suočavaju u današnjem ambijentu.

Državnim organima potrebno je predstaviti značaj upravljanja transportnim procesom što sa sobom nosi razvoj transportnog sektora, privrede i društva u celini.

Pored ciljeva i strukture, jedna od osnovnih karakteristika transportnog procesa je funkcionisanje, koje predstavlja odvijanje svih procesa odnosno aktivnosti koje su uslov realizacije funkcije cilja. Da bi proces funkcionisao u skladu sa definisanom funkcijom cilja njime se mora upravljati.

Upravljanje predstavlja donošenje odluka u skladu sa zadatom funkcijom cilja, i preduzimanje aktivnosti za njihovu realizaciju. U transportu kao i u drugim organizaciono tehnološkim sistemima se upravlja procesima, resursima i organizacijom.

Da bi se postigao željeni nivo kvaliteta transportnog procesa i njegovo stalno unapređenje neophodno je upravljanje transportnim procesom. Upravljanje ili rukovođenje obuhvata planiranje, organizovanje, vođenje i kontrolisanje organizacije kako bi se postigao određeni cilj efektivnim korišćenjem dostupnih resursa [2].

Upravljanje transportnim procesom je složen proces donošenja odluka, čija osnovna funkcija ima za cilj efektivno i efikasno usmeravanje podprocesa planiranja sistema, organizovanja sistema, upravljanja ljudskim resursima, vođenja (uticanja) sistema i kontrole ljudskih, materijalnih, finansijskih i informacionih resursa sistema radi ostvarenja planirane ciljne funkcije sistema.

Na osnovu prethodno iznetog može se zaključiti da u unapređenju transportnog procesa koji se ostvaruje kroz povećanje efektivnosti vozila vozača, leži veliki potencijal koji doprinosi održivosti transportnog sistema.

2. OVE HUMAN

Proces određivanja vrednosti transportnog procesa je bio osnova za istraživanje i stvaranja OVE human, a sa ciljem povećanja učinka. Između različitih alata za merenje vrednosti transporta, OVE predstavljen od Simmons (2004) se pokazalo da može biti od velikog značaja. On je unapređen, a po prvi put se meri efektivnost vozača. Ove Human prepoznaje vozila i vozače kao glavne resurse na kojima zasniva unapređenje transportnog procesa.

OVE Human je prilagođen i moguće ga je koristiti u svim oblicima transportnog procesa bez obzira na namenu. Ideja je da se OVE human intenzivno koristi kao alat u oblasti transporta kako bi unapredio učinak poslovanja. Ovaj alat je proširen i prilagođen tržišnim uslovima. Zadatak je eliminacija gubitaka u transportnim procesima i efektivna upotreba resursa. Resursi u transportnom procesu su:

- vozila,
- radna snaga (vozači, dispečeri, rukovodioci i sl),
- infrastruktura (auto baze, radionice, servisi, parkirališta, terminali i sl.),
- finansije.

Ocena efektivnosti transportnog procesa zavisi od efektivnosti resursa kojima se raspolaze. Na prvom mestu su svakako vozila i vozači. Udeo ličnog dohotka vozača, vrednosti nabavke vozila ali i eksploatacioni troškovi čine najveći udeo troškova koje proizvodi transportni proces. Sa druge strane povećanjem efektivnosti vozila i vozača za očekivati je povećanje efektivnosti transportnog procesa. Komponente ili čini-

oci izmeritelja OVE human su naizgled isti kao i kod OVE-e koji je predstavio Simmons. Procenat iskorišćenja raspoloživosti vozila i vozača, učinak vozila i vozača, kvaliteta pružene usluge i kvalitet pružene usluge se izračunavaju i međusobno pomnože da bi se dobila ukupna vrednost pokazatelja OVE human. Pokazatelj OVE human se dobija iz:

- Iskorišćenje raspoloživosti (α):
 - Vozila (α_v);
 - Vozača (α_d);
- Učinak (β):
 - Vozila (ϵ_v);
 - Vozača (δ_d);
- Kvalitet (q):
 - Pružene usluge(q_s);
 - Izvršene usluge:
 - Vozila (q_v);
 - Vozača (q_d)

$$Ove\ human = isk.raspol \times učinak \times kvalitet \quad (1)$$

$$Ove\ human = \alpha * \beta * q = \alpha_v * \alpha_d * \epsilon_v * \delta_d * q_s * q_v * q_d \quad (2)$$

Ove human koji je prikazan u jednačini 2 ima vrednost između nule i jedinice ($0 < OVE\ human < 1$), odnosno vrednost u procentima od 0 do 100%.

Iskorišćenje raspoloživosti

Iskorišćenje raspoloživosti resursa (α) predstavlja proizvod iskorišćenja raspoloživosti vozila (α_v) i iskorišćenje raspoloživosti vozača (α_d).

Raspoloživost vozila zavisi od tehničke ispravnosti i administrativnih uslova koje vozila moraju da ispune. Skup svih vozila u voznom parku je (A_i) – inventarski broj vozila. Inventarski broj vozila se deli na (A_s) – broj vozila tehnički ispravnih odnosno, sposobnih za rad i (A_n) – broj vozila tehnički neispravnih odnosno, nesposobnih za rad ($A_i = A_s + A_n$). Po eksploatacionoj podeli A_s tehnički ispravna vozila se dele na (A_r) – vozila koja su na radu i (A_d) – vozila koja su dostupna za rad ali van eksploatacije ($A_s = A_r + A_d$). Svako vozilo koje se vodi u inventarskom broju vozila nalazi se u posmatranom periodu D_i dana (D_i – kalendarski broj dana) shodno tehničkoj ispravnosti i administrativnim uslovima raspoloživo za rad D_s dana odnosno shodno tehničkoj ispravnosti ili administrativnim uslovima neraspoločivo za rad D_n dana. Vozilo za kalendarsko broj dana D_i , u kome se nalazi u tehnički ispravnom stanju D_s dana, a shodno eksploatacionoj iskorišćenosti može biti na radu D_r dana odnosno u tehnički ispravnom stanju ali ne na radu već dostupni za rad D_d dana ($D_i = D_r + D_d + D_n$).

Iskorišćenje raspoloživosti vozila (α_v) je koeficijent koji predstavlja iskorišćenje raspoloživosti vozila koja su dostupna za rad. Ovaj koeficijent, jednačina 3, ukazuje na sposobnost organizacione strukture da uposli vozila koja su tehnički ispravna i nemaju administrativnih problema odnosno, raspoloživa su za eksploataciju.

$$\alpha_v = \frac{A_r * D_r}{A_i * D_i - A_n * D_n} \quad (3)$$

Raspoloživost vozača zavisi od broja dana godišnjeg odmora, broja dana koji vozači borave na bolovanju, radne discipline odnosno obučenosti vozača koja se reflektuje na broj dana koji vozači provode na disciplinskom postupku,

izdržavanju kazni odnosno nisu raspoloživi zbog zaštitnih mera zabrane upravljanja motornim vozilom.

Vozači koji su dostupni za rad mogu biti:

- raspoređeni na radnom zadatku – efektivan rad,
- rezervni – aktivno dežurstvo,

ili

- nerspoređeni zbog manjka posla, loše organizacije i sl.,
- obuka, trening, edukacija i sl.,

Vozači koji su nedostupni borave na:

- godišnjem odmoru,
- bolovanju,
- disciplinskom postupku,
- izdržavanju kazne,
- izdržavanju zaštitne mera zabrane upravljanja motornim vozilom.

Iskorišćenje raspoloživosti vozača (α_d) je koeficijent koji predstavlja iskorišćenje raspoloživosti broja dana kojima koji su vozači bili dostupni za rad u odnosu na ukupan broj dana kada su raspoloživi (jednačina 4).

Ukupan broj dana kada su raspoloživi vozači za rad dobija se u idealnim uslovima. Od ukupnog broja dana u godini oduzimaju se dani vikenda (subota i nedelja), broj dana predviđenih za godišnji odmor i državni i drugi praznici¹.

$$\alpha_d = \frac{\text{raspoređeni na radnom zadatku} + \text{rezervni}}{\text{ukupan broj dana kada su raspoloživi}} \quad (4)$$

Učinkak

Učinkak resursa (β) predstavlja proizvod učinka vozila (ϵ_v) i učinka vozača (δ_d).

Učinkak vozila zavisi od transportnog rada. Učinkak vozila (ϵ_v) predstavlja odnos Neto transportnog rada i Bruto transportnog rada, transportni rad se izražava u tonskim kilometrima [tkm] (jednačina 5).

Neto transportni rad prilikom transporta tereta (U_n) predstavlja proizvod količine tereta (Q) i dužine puta (L), izražava se u tonskim kilometrima [tkm]. Neto transportni rad kod transporta putnika predstavlja proizvod broja prevezenih putnika (N) i dužine putovanja putnika (L), izražava se u [putkm].

Bruto transportni rad prilikom transporta tereta (U_b) predstavlja proizvod ponuđenog kapaciteta vozila (q) i ukupnog pređenog puta (AK), izražava se u tonskim kilometrima [tkm]. Bruto transportni rad kod transporta putnika predstavlja proizvod ponuđenog kapaciteta mesta u vozilima (m) i dužine ukupnog pređenog puta vozila (L), izražava se u [putkm]

$$\epsilon_v = \frac{U_n}{U_b} = \frac{Q * L}{q * AK} \quad (5)$$

Učinkak vozača zavisi od iskorišćenja vremena koga provodu na radu. Učinkak vozača predstavlja odnos auto časova vožnje (AH_w) i auto časova provedenih na radu (AH_r) (jednačina 6).

Auto časovi vožnje (AH_w) predstavljaju ukupno vreme vožnje koje vozači provedu upravljajući motornim vozilom. U ovo vreme uključeno je nulto vreme vožnje od auto baze do prvog mesta utovara, vreme vožnje sa teretom između mesta utovara i mesta istovara i vreme vožnje praznog vozila između mesta istovara i utovara. Auto časovi na radu predstavljaju ukupno vreme vožnje svih vozača.

Auto časovi na radu (AH_r) predstavljaju radno vreme vozača od momenta dolaska na radno mesto do trenutka kraja radnog vremena za taj dan. U ovo vreme je uračunato vreme pripreme vozila i vozača, vrme vožnje, vreme provedeno na utovaru i istovaru, vreme čekanja na opslugu (utovar, istovar, čekanje na graničnom prelazu u koloni i sl.), vreme rada na obezbeđenju tereta, odnosno prijemu i otpremi putnika u putničkom transportu. U ovo vreme ulazi i priprema i otprema prateće dokumentacije, zaduženje i razduženje vozila i vozača neophodnim sredstvima za rad, predaja dnevnog pazara na blagajni i sl.

$$\delta_d = \frac{AH_w}{AH_r} \quad (6)$$

Kvalitet

Kvalitet usluge (q) se posmatra dvojako. Prvo se posmatra kvalitet pružene usluge (q_s). Drugo se posmatra kvalitet izvršene usluge, kroz resurse vozila (q_v) i vozače (q_d).

Kvalitet pružene usluge (q_s) predstavlja odnos nezadovoljnih korisnika i zadovoljnih korisnika od ukupnog broja (N) kojima je pružena usluga (jednačina 7). Informacija o kvalitetu pružene usluge dobija se neposredno od korisnika u vidu žalbi i rekalamacija (primaoca ili pošiljaoca robe, putnika u vozilu i sl.). Kvalitet pružene usluge može biti umanjen zbog:

- broja neusluženih N_{off}
- broja kašnjenja sa isporukom N_{delay}
- broja oštećenih pošilji N_{damage}
- broja pogrešnih dostava N_{bag}

$$q_s = \frac{N - (N_{off} + N_{delay} + N_{damage} + N_{bag})}{N} \quad (7)$$

Kvalitet izvršene usluge vozila (q_v) opisuje koeficijent koji predstavlja energetska efektivnost voznog parka. On se dobija iz odnosa utrošene energije (E) i bruto transportnog rada (U_b) (jednačina 8). Energija koja se utroši za izvršavanje transportnog rada izražava se u [J]. Koristeći uputstva iz Direktie 2009/33 Evropskog parlamenta udeo energije u Dizel gorivu je 36MJ/litru. Tako da se energija dobija neposredno iz potrošene količine goriva.

$$q_v = \frac{E}{U_b} \quad (8)$$

Kvalitet izvršene usluge vozača (q_d) predstavlja paramater koji prati rad vozača. On se dobija iz odnosa broja zadataka na kojima je došlo do prekršaja vozača i ukupnog broja zadataka (AZ_d) (jednačina 9). Kvalitet rada vozača se prati internim i eksternim nadzorom.

Interni nadzor se vrši na nivou realizatora transportne usluge. Internim aktima se formira služba nadzora ili kontrole koja ima zadatak da prati rad vozača. Na ovaj način se utvrđuje broj prekršaja koji su počinili vozači $N_{foul in}$. Ovi prekršaji potiču od nepoštovanja Zakonskih formi ali i internih

¹ Zakon o državnim i drugim praznicima u republici Srbiji ("Sl. glasnik RS", br. 43/2001, 101/2007 i 92/2011) propisuje dane državnih i verskih praznika koji se praznuju u Republici Srbiji.

procedura, tehnoloških postupaka, internih akata, pravilnika i sl.

Eksterni nadzor je poveren Ministarstvu unutrašnjih poslova². Nadzor na putu se organizuje na različitim lokacijama i u različito vreme tako da se pokrije dovoljan procenat putne mreže kako bi se sprečilo izbegavanje nadzora, a po sistemu slučajnog uzorka. Ministarstvo unutrašnjih poslova sprovodi nadzor i u prostorijama realizatora transportne usluge. Na ovaj način se prikuplja broj prekršaja koji su počinili vozači $N_{foul\ ex}$.

$$q_d = \frac{AZ_\lambda - (N_{foul\ in} + N_{foul\ ex})}{AZ_\lambda} \quad (9)$$

3. ZAKLJUČAK

Pregledom literature i primera dobre prakse na jednoj strani i modifikovanjem izmeritelja OVE koga je predstavio Simmon na drugoj strani dobijen je alat za merenje efektivnosti koji se može implementirati u lokalnim uslovima.

Izmeritelj OVE human predstavlja pregled aktivnosti u transportnom procesu koje dodaju odnosno oduzimaju vrednost. Ukazuje na mogućnost povećanja profitabilnosti jer prati najveće troškove koji proizvodi transportni proces (vozila, radna snaga, gorivo)

Do sada prikazani izmeriteljima merila se efektivnost određenih elemenata transportnog procesa. OVE human je ukupan izmeritelj, operaciolizovan za ocenu efektivnosti vozila i vozača.

Državi se pruža mogućnost da preko OVE human-a prati aktivnosti u transportnoj privredi, mogućnost upravljanja i ukazivanja na propuste, pregled iskorišćenja kapaciteta, energetske efikasnosti, zagađenja životne sredine i sl.

OVE human se fokusira na taktici efektivnosti transportnog procesa i može predstavljati katalizator za nove standarde efektivnosti vozila i vozača. U okviru efektivnosti transportnog procesa postoji potencijal za dobit u konkurentnosti i poboljšanju performansi zaštite životne sredine sa ciljem ka održivom transportu. Potrebna su dalja istraživanja na značajnom uzorku da bi se testirala i uspostavila održivost i značaj ovih poboljšanja, ne samo u kompanijama iz uzorka, već za širu privredu i društvo.

Postoje mnogi faktori koji mogu doprineti neuspehu organizacije da uspešno implementira predstavljenu strategiju i ostvari stvarni potencijal. Stoga imlementacija zahteva dugoročnu posvećenost za ostvarenjem koristi i efektivnosti vozila i vozača.

Obuka, upravljanje znanjem, treninzi, podrška menadžmenta i timski rad su srž uspešne implementacije izmeritelja efektivnosti u transportnom procesu.

Zato je važno da se razvije podrška, liderstvo, vizija, strateško planiranje, upravljanje znanjem, više funkcionalni treninzi, uključanje zaposlenih, kulturološke promene u organizacije koje učestvuju u transportnom procesu. Na taj način može se postići kontinuirano poboljšanje, motivaciju, da se razvijaju podsticajni mehanizmi i na taj način možemo da doprinesemo razvoju održivog transportnog procesa, a tran-

sportnoj privredi obezbedimo nivo svetske klase koji će garantovati održivost.

LITERATURA

- [1] Filipović S. "Osnovni pojmovi Teorije transporta i tehnologije drumskog transporta", pisana predavanja – Osnovi tehnologije transporta, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, (2005);
<http://www.sf.bg.ac.rs/downloads/katedre/dgt/ovsiott/ott%20skripta%20konacno.pdf>
- [2] Nakajima, S., Introduction to TPM, Productivity Press, Cambridge, MA., 1988.
- [3] Willmott, P., Total Productive Maintenance: The Western way. Butterworth-Heinemann Ltd, Oxford, 1994.
- [4] Huang, S.H., Dismukes, J.P. Shi, J., Su, Q., Razzak, M.A., Bodhale, R. and Robinson, D.E., "Manufacturing Productivity Improvement Using Effectiveness Metrics and Simulation Analysis", International Journal of Production Research, Vol. 41, No. 3, 2003
- [5] Wauters F., Mathot J., Overall Equipment Effectiveness, 2002.
- [6] Womack J. P., Jones D. T., Lean thinking, Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Revised and Updated, 1997.
- [7] Hines, P. & Taylor, D., "Going Lean", Lean Enterprise Research Centre, Cardiff Business School, 2000.
- [8] Rother, M. & Shook, J., Learning to See, Lean Enterprise Institute, 1999.
- [9] McKinnon, A., Campbell J. & Leuchars, D., Benchmarking Vehicle Utilisation and Energy Consumption Measurement of Key Performance Indicators, Energy Consumption Guide 76 (DETR), (1999).
- [10] McKinnon, A.C., Ge, Y. & Leuchars, D., Key Performance Indicators for the Food Supply Chain, Transport Energy Benchmarking Guide 78, London, Department for Transport., (2003).
- [11] Department for transport, Freight best practice, Key Performance Indicators for the Food Supply Chain, 2006.
- [12] Simmons, D., Mason, R. and Gardner, B., "Overall Vehicle Effectiveness", International journal of Logistics: Research and Applications, Vol. 7, No. 2, pp. 119-34, 2004.
- [13] Villarreal, B., Garcia, D. & Rosas, I., Eliminating Transportation Waste in Food Distribution: A Case Study, Transportation Journal, Vol.48 No. 4, pp 72-77, 2009.
- [14] Villarreal, B. 'The transportation value stream map (TVSM)', European J. Industrial Engineering, Vol. 6, No. 2, pp.216-233, 2012.
- [15] Willmott, P., McCarthy D., Total Productive Maintenance: A Route to World-Class Performance. Butterworth-Heinemann Ltd, Oxford, 2001.

² Zakon o radnom vremenu posade vozila u drumskom prevozu i tahografima, "Sl. glasnik RS", br. 96/2015

PRIMENA ADHEZIVA U METALNIM KONSTRUKCIJAMA APPLICATION OF ADHESIVES IN METALLIC CONSTRUCTIONS

Nenad Stojković, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš,*
Dragan Perić, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj – Iako već ustaljeni u auto i avio industriji, upotreba adheziva u građevinarstvu se svodi na mali broj primera, pri čemu se nosivost uglavnom dokazuje eksperimentalnim ispitivanjem. U ovom radu su prikazani primeri upotrebe adhezionog spajanja u metalnim konstrukcijama sa ciljem ilustriranja potencijala njihove primene u građevinskoj industriji.

Ključne reči: Adhezivi, građevinarstvo, metalne konstrukcije.

Abstract – Although well established in automotive and aircraft industry, the use of adhesives in civil engineering is limited to a small number of examples, where experimental investigation is required for the proof of the joint strength. In this paper, several examples of the use of adhesive bonding of metallic structures are presented in order to demonstrate the potential that adhesives show for the application in the civil engineering industry.

Key words: Adhesives, civil engineering, metallic constructions.

1. UVOD

Adhezivi se koriste više od 60 godina kao sredstva za spajanje konstrukcijskih elemenata. Našli su široku primenu u različitim industrijama, a naročito u auto i avio industriji. U poslednje vreme su intenzivirana eksperimentalna istraživanja njihove primene u građevinskoj industriji. Razlog za to su brojne prednosti koje ovaj tip spajanja pruža. Neke od njih su: mogućnost formiranja lakih, ali dovoljno čvrstih konstrukcija; mogućnost spajanja raznorodnih materijala kao što su različiti metali (uključujući i aluminijum i pocinkovani lim za koje je poznato da se veoma teško vare), beton, plastika i kompoziti; mogućnost spajanja tankih limova; različite estetske pogodnosti (izbegavanje vidljivih zavrtnjeva kod fasadnih konstrukcija, smanjenje pojave korozije oko rupa zavrtnjeva i sl.) itd. Adheziono spajanje može predstavljati veoma dobru alternativu klasičnim metodama spajanja u metalnim konstrukcijama, jer se njime mogu izbeći fundamentalni problemi, kao što su zaostali (rezidualni) naponi kod zavarivanja i redukcija poprečnog preseka elemenata kod spajanja zavrtnjevima. Osim toga, metalne konstrukcije mogu predstavljati obećavajuće polje primene adhezionog spajanja i zbog visokog stepena radioničke obrade pre montiranja konstrukcije. U radioničkim uslovima se mogu izraditi adhezioni spojevi visoke čvrstoće i trajnosti.

Međutim, primena adheziva u građevinarstvu trenutno je ograničena iz više razloga. Prvo, čvrstoća adheziva u velikoj meri zavisi od debljine njegovog sloja, pri čemu se najveće čvrstoće postižu primenom veoma tankih slojeva adheziva, manjih od 0,5mm [1-3]. Uzevši u obzir tolerancije u građevinarstvu [npr. 4,5], jasno je da ove debljine nisu praktično primenljive. Drugo, vek trajanja građevinskih konstrukcija obično podrazumeva veoma dug vremenski period (50 godina i više). U tako dugom vremenskom periodu atmosferski uticaji, kao i uticaji različitih tipova opterećenja mogu dovesti do značajne degradacije čvrstoća adheziva.

Treće, adhezioni spojevi zahtevaju veoma čiste površine, a nekada i specijalnu pripremu površina pre nanošenja adheziva, što je često veoma teško postići. Možda i najznačajnija prepreka obimnijoj upotrebi adheziva u građevinarstvu je nedostatak jasno definisanih procedura, preporuka i propisa, ali i stručnog kadra.

Za sada se praktična primena adhezionih spojeva u metalnim konstrukcijama svodi na pojedinačne slučajeve, koje po pravilu prate dugotrajna i skupa eksperimentalna istraživanja. U ovom radu su kroz različite primere ilustrovane mogućnosti upotrebe adheziva u metalnim konstrukcijama.

2. POREĐENJE SA KONVENCIONALNIM METODAMA SPAJANJA

Pri primeni adhezionog spajanja trebalo bi imati u vidu specifičnosti konkretnih primera upotrebe. Premda u nekim slučajevima oni ne predstavljaju idealno rešenje, postoje situacije kada je upotreba adhezionog spajanja najbolja ili čak jedina opcija. Njihova primena može biti neophodna iz više razloga. U određenim slučajevima konvencionalne metode spajanja nisu u potpunosti primenljive (nemogućnost varenja usled velikog koeficijenta termičkog širenja, niske termičke otpornosti i sl.). Sa druge strane, estetski i zahtevi vezani za funkcionalnost krajnjeg proizvoda mogu ograničiti upotrebu mehaničkih spojnih sredstava, kao što su zavrtnjevi i zakivci.

Pravilna upotreba adheziva podrazumeva detaljno poznavanje svih njihovih karakteristika, prednosti i nedostataka. Za odabir ove metode spajanja pre, u praksi veoma ustaljenih, zavarivanja, lemljenja ili spajanja zavrtnjevima, neophodno je dobro proceniti koje bi koristi upotreba adhezionog spajanja donela. Poređenje osnovnih karakteristika adhezionog i konvencionalnih metoda spajanja u metalnim konstrukcijama je prikazano u tabeli 1.

Tabela 1. Poređenje adhezionog i konvencionalnih metoda spajanja u metalnim konstrukcijama [6]

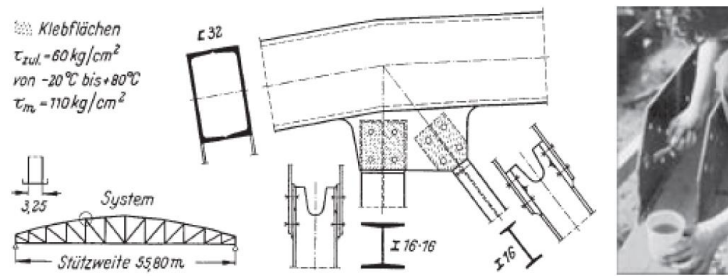
	Zavarivanje	Tvrdo i meko lemljenje	Mehanička spojna sredstva	Adheziono spajanje
Postojanost	Trajni spojevi.	Obično trajni (meko lemljenje ne mora biti trajno).	Zavrtnjevi se mogu demontirati	Trajni spojevi
Preraspodela napona	Lokalna koncentracija napona.	Dobra preraspodela napona.	Koncentracija napona.	Dobra uniformna raspodela napona po površini (osim u slučaju ljuštenja).
Izgled	Izgled spoja je obično prihvatljiv. Nekada je potrebna dodatna obrada površina.	Spojevi dobrog izgleda.	Diskontinuiteti na površini, nekada neprihvatljivi.	Uglavnom se ne vide.
Materijali koji se spajaju	Uglavnom ograničena primena kod raznorodnih materijala.	Određene sposobnosti spajanja raznorodnih materijala.	Mogu se spajati različiti oblici i kombinacije materijala	Idealno za spajanje raznorodnih materijala.
Otpornost na visoke temperature	Veoma velika.	Ograničena zbog upotrebe rastopljenog metala.	Velika.	Slaba.
Otpornost na zamor	Neophodne posebne mere za poboljšanje otpornosti na zamor.	Relativno dobra otpornost na vibracije.	Neophodne specijalne mere za obezbeđivanje otpornosti na zamor.	Odlična otpornost na zamor.
Priprema za spajanje	Manja ili nikakva za tanke elemente. Obrada ivica kod debljih elemenata.	Predgrevanje često neophodno.	Obrada rupa. Često i urezivanje navoja kod zavrtnjeva.	Čišćenje površina je često neophodno.
Naknadna obrada spojeva	Ponekada neophodna termička obrada.	Ostaci korozivnih topitelja moraju biti očišćeni.	Obično bez naknadne obrade. Povremeno utezanje zavrtnjeva tokom ekspl. veka.	Uglavnom nije potrebno.
Oprema	Relativno skupa, masivna i često zahteva napajanje strujom.	Jeftin ručni alat. Skupe specijalne peći i automatske jedinice.	Relativno jeftina, prenosiva i montira se na gradilištu	Samo su veći multifunkcionalni dozeri skupi.
Potrošni materijal	žice, elektrode, itd., relativno jeftino.	Određeni materijali za tvrdo lemljenje mogu biti skupi. Materijal za meko lemljenje jeftin.	Prilično skup.	Konstrukcijski adhezivi su relativno skupi.
Brzina	Može biti veoma brzo.	Automatski proces prilično brz.	Priprema spojeva i ručno utezanje spori. Mehaničko utezanje prilično brzo.	Zavisno od tipa adheziva, nekoliko sekundi do nekoliko sati.
Kontrola kvaliteta	Nedestruktivne metode su primenljive kod većine postupaka zavarivanja.	Pregled spoja.	Vrlo pouzdano utezanje zavrtnjeva sa kontrolisanim obrtnim momentom.	Ograničena upotreba nedestruktivnih metoda.

3. PRIMENA U METALNIM KONSTRUKCIJAMA

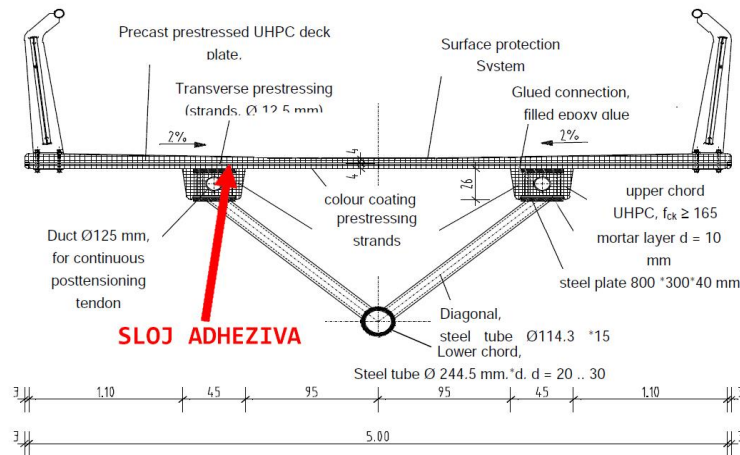
Adhezivi su u građevinskoj industriji najčešće korišćeni za ojačanje postojećih konstrukcija spajanjem karbonskih traka za noseće elemente, injektiranje prslina i pukotina i zaptivanje konstrukcija. Vrlo retko su korišćeni kao glavno spojno sredstvo. Činjenica da oni mogu predstavljati dobru alternativu konvencionalnim metodama spajanja može se ilustrovati kroz nekoliko primera.

Jedan od prvih primera upotrebe adhezionih spojeva u građevinskoj industriji je pešački most preko kanala Lippe u gradu Marl u Nemačkoj (slika 1). Raspona je 56m i izgrađen 1956. godine. Adhezioni spojevi su korišćeni za spajanje elemenata rešetke za čvorne limove. Radi lakšeg montiranja i za slučaj otkaza adhezionih spojeva, dodatno su korišćeni zavrtnjevi. Most je i danas u upotrebi, bez većih intervencija. Njegov značaj je pre svega u tome što je po prvi put pokazano da se adhezivi mogu koristiti kao primarno sredstvo prenošenja sile.

Kasnije je mogućnost upotrebe adhezionih spajanja u mostovskim konstrukcijama istraživana u više navrata, uglavnom kod spojeva noseće čelične mostovske konstrukcije i ortotropnih kompozitnih ploča [npr. 7], prilikom čije izrade je debljina sloja adheziva bila uglavnom veća od 2mm. Međutim, adhezivi se po prvi put kao samostalno sredstvo za spajanje noseće čelične mostovske konstrukcije primenjuju pri izgradnji mosta *Gärtnerplatz* preko reke Fulda u Kaselu, Nemačka. Most je sagrađen 2007. godine u okviru istraživačkog programa Univerziteta u Kaselu [8], i namenjen je za prelazak pešaka i biciklista. Dužine je 132,2m, pri čemu je maksimalni raspon dužine 36m. Zapravo, adhezivi su pri izgradnji ovog mosta korišćeni za spajanje gornjeg pojasa hibridne rešetke i ploče mosta napravljenih od betona izuzetno visokih performansi (UHPC). Dijagonale i donji pojas rešetke su izrađeni od čeličnih cevastih profila. Debljina sloja adheziva korišćena pri eksperimentalnom istraživanju je 3-6mm, dok debljina sloja adheziva u samoj konstrukciji varira u zavisnosti od imperfekcija glavnog nosača. Poprečni presek je prikazan na slici 2.



Slika 1. Kombinacija adhezionih spojeva i zavrtnjeva čeličnog mosta u gradu Marl, Nemačka [6]



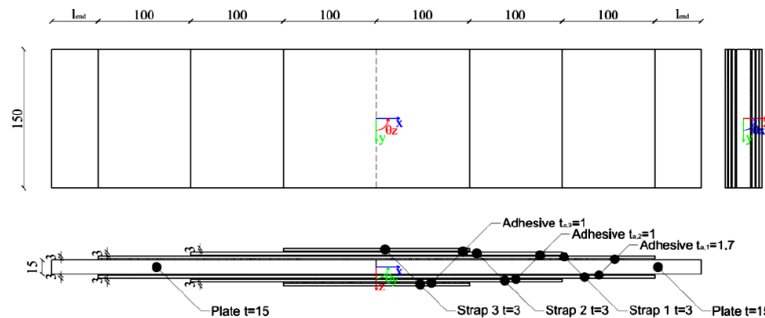
Slika 2. Poprečni presek mosta Gärtnerplatz [9]

Rezultati eksperimentalnih istraživanja spojeva mosta su pokazali da je upotreba adheziva dala u potpunosti zadovoljavajuće rezultate, a kvalitet samog spoja je uglavnom zavisio od kvaliteta pripreme površine pre spajanja [10].

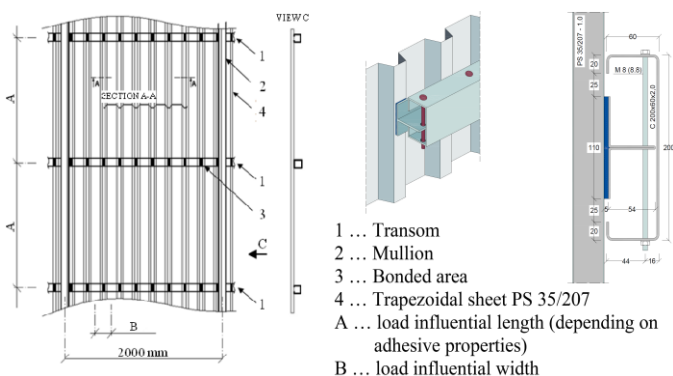
U [11] je numerički i eksperimentalno istražena upotreba adheziva za formiranje montažnih nastavaka debelih čeličnih ploča. Ovakvi nastavci zahtevaju prenošenje velikih sila, što je upotrebom klasičnih spojnih sredstava gotovo nemoguće usled pojave „shear lag“ efekta. Do pojave ovog efekta dolazi i u adhezionim spojevima, ali se on može prevazići upotrebom više slojeva podvezica od kojih su prve na preklop spojene sa glavnim pločama, a svaka sledeća je kraća od prethodne i adheziono spojena za njenu spoljašnju površinu (slika 3). Time se mobiliše središnji deo preklopa, tako da i on učestvuje u prenošenju sile. Debljina prvog sloja adheziva je bila 1,7mm, a svih ostalih 1mm. Primenjeno rešenje je dalo izuzetne rezultate. Interesantno je da je petoprocentni fraktal eksperimentalno dobijenih sila loma montažnog nastavka bio

za 4% veći od nominalne nosivosti samih ploča koje su nastavljane. Međutim i sami autori ukazuju bi očekivana nosivost samog spoja u dužem vremenskom periodu bila manja, usled dejstva atmosferskih uticaja i tečenja.

Poslednjih godina, na Univerzitetu BTU Cottbus-Senftemberg je vršeno eksperimentalno istraživanje adhezionih spojeva pocinkovanih trapezastih fasadnih limova i noseće konstrukcije, u kome je učestvovao i autor ovog rada. Za razliku od prethodno prikazanih slučajeva koji su bili opterećeni na smicanje, u ovom slučaju su spojevi opterećeni zatezanjem. Istraživanje se kretalo u nekoliko pravaca. Vršena je optimizacija geometrije radi postizanja što veće nosivosti spoja [6], ispitivanje uticaja obrade površina pre spajanja na nosivost spojeva [12] i ispitivanje ponašanja spojeva pod dejstvom cikličnog opterećenja [13], sa akcentom na dejstvo vetra. Prilikom izrade spojeva, u svim slučajevima je korišćena debljina adheziva od 1mm. Ispitani su različiti sistemi adheziva: akrilni, poliuretanski i epoksidni.



Slika 3. Montažni nastavak debelih čeličnih ploča izveden adhezionim spajanjem [11]



Slika 4. Konstrukcija fasade – adhezioni spoj trapezastog lima za noseću konstrukciju primenom [14]

Optimizovana geometrija spoja prikazana je na slici 4, a detaljnije pojašnjenje se može naći u [14]. Ispitivanjem je utvrđeno da ranije preporuke za obradu površina pocinkovanih limova pre adhezionog spajanja ne daju zadovoljavajuće rezultate u slučaju zatezanja, kao i da se obradom sačmaranjem obezbeđuje adekvatna adhezija, kako pri normalnim tako i pri povišenim temperaturama [12]. Sa druge strane, pokazano je da dinamička čvrstoća spoja, određena za 2 miliona ciklusa opterećenja iznosi 35-40% čvrstoće spoja [13]. Važno je napomenuti da se pri svodjenju opterećenja od vetra na jedan spoj dobija sila koja je u slučaju akrilnog adheziva manja od dinamičke čvrstoće.

4. ZAKLJUČAK

Iz prikazanih primera upotrebe adhezionog spajanja u metalnim konstrukcijama jasno se može zaključiti da adheziono spajanje može odgovoriti zahtevima građevinske industrije.

Primerom pešačkog mosta u gradu Marl je pokazano da, iako je za adhezive uobičajena degradacija njihovih karakteristika vremenom, oni ipak mogu formirati spojeve koji mogu zadovoljiti uslove trajnosti građevinskih konstrukcija.

Na primeru mosta *Gärtnerplatz* je pokazano da je i pored relativno velikih tolerancija dimenzija u građevinskoj industriji adheziono spajanje moguće upotrebiti za konstrukcijske elemente većih dimenzija, pri čemu glavni uticaj na čvrstoću spoja nema krutost i dimenzija elementa koji je spojen, već priprema površina pre spajanja.

Upotrebom adheziva kod montažnih nastavaka debelih ploča može se rešiti problem pojave „shear lag“ efekta, uobičajenog za spojeve mehaničkim spojnim sredstvima, i pritom ispuniti pretpostavka da bi spoj trebao imati jednaku ili veću nosivost od elemenata koji se spajaju..

Upotreba adhezionih spojeva kod spojeva fasadnih konstrukcija može doneti estetske pogodnosti, a u isto vreme pružiti zadovoljavajuće karakteristike pri dejstvu zamornog opterećenja, čak i u slučaju, za adhezive nepovoljnih, zatežućih spojeva

U budućnosti bi trebalo intenzivirati eksperimentalna istraživanja u oblasti adhezionog spajanja, kako bi se stvorili uslovi za standardizaciju ovog procesa. Samo na taj način se može pospešiti njegova šira upotreba, jer eksperimentalno dokazivanje pojedinačnih slučajeva u građevinarstvu, za razliku od avio i auto insdustrije, nije ekonomski opravdano.

LITERATURA

- [1] M. Eskandarian, N. Rousseau, F. Hamel, “On the influence of joint geometry and adhesive bulk properties on quasistatic performance of lap-shear joints”, *Proceedings of the 34th Annual Meeting of the Adhesion Society*, Canada, 2011.
- [2] L.F. Da Silva et al., “Effect of material, geometry, surface treatment and environment on the shear strength of single lap joints (steel joints with epoxy)”, *International Journal of Adhesion & Adhesives*, vol. 29, Nr. 6, pp. 621-632, 2009.
- [3] G. Habenicht, *Kleben: Grundlagen, Technologien, Anwendungen*, Tehnički Univerzitet u Minhenu, 5. izdanje, Nemačka, 2005.
- [4] UNI EN 10278:2002 – Dimensions And Tolerances Of Bright Steel Products
- [5] SRPS EN ISO 2861:2013 – Geometrijske specifikacije proizvoda (GPS) – Sistem ISO tolerancija za duž. mere – Deo 1: Osnove tolerancija, odstupanja i naleganja
- [6] J. Mainz J., “Kleben im Stahlbau- Betrachtungen zum Trag- und Verformungsverhalten und zum Nachweis geklebter Trapezprofilanschlüsse und verstärkter Hohlprofile in Pfosten-Riegel-Fassaden“, Doktorska disertacija BTU-Cottbus, 2010.
- [7] T. Keller, M. Schollmayer, “Through-thickness performance of adhesive joints btw. FRP bridge decks and steel girders”, *Compos. Str.* 87, 2009. str. 232–241.
- [8] „Sika at work, Gärtnerplatz Bridge in Kassel“, *BU Contractors*, br.04.07, Sika Services AG, 2007
https://www.sika.com/dms/getdocument.get/d79bc332-05aa-31bc-9019-bdbc979cea12/saw_gaertnerbruecke_kassel_04_2007.pdf [pristupljeno 04.12.2016.]
- [9] E. Fehling et al., The "Gärtnerplatzbrücke - Design of First Hybrid UHPC-Steel Bridge across the River Fulda in Kassel, Germany", *Proc. of the 2nd Int. Symp. on Ultra High Performance Concrete, Kassel, Structural Materials and Engineering Series No.10*, 2008., str. 581-588
- [10] R. Krelaus, S. Freisinger, M. Schmidt, Adhesive Bonding of UHPC Structural Members at the Gärtnerplatz bridge in Kassel, *Proc. of the 2nd Int. Symp. on Ultra High Performance Concrete, Kassel, Structural Materials and Engineering Series No.10*, 2008., str. 597-604
- [11] J.H.J. Floor, “Structural Adhesive Bonded Steel-to-Steel Connections - An Introduction for Structural Engineering, Master thesis, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, TU Delft, 2014. [preuzeto sa <http://repository.tudelft.nl>]
- [12] N. Stojković et al., Tensile strength of adhesively bonded facade joints, *Proceedings The VI international conference Civil engineering – Science and Practice, Žabljak, Montenegro*, 2016., pp 273-280
- [13] L. Ledecký, N. Stojković, Y. Ciupack, H. Pasternak, “Service loading and fatigue behavior of adhesively bonded steel-steel facade joints”, *Proceedings of the 16th International Conference VSU'2016*, Sofia, 2016., pp 103-108
- [14] L. Ledecký, N. Stojković, H. Pasternak, C. Mette, “Adhesively bonded facade joint under cyclic service loading”, *Proceedings of the 14th International Conference VSU'2015*, Vol. 1, Sofia, 2015., pp 103-108

JAVNI OTVORENI PROSTORI BABUŠNICE, STUDIJA SLUČAJA

PUBLIC OPEN SPACES IN BABUŠNICA, CASE STUDY

Dušan Stanojević, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Aleksandra Marinković, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - *Javni otvoreni prostori Babušnice: centralni Trg, Park, Kej i Sportsko-rekreativni centar, sagledani su u ovom radu kroz prostorno-fizičke karakteristike i sa socijalnog aspekta. Prepoznat je visok stepen kolektivne svesti stanovnika i identifikacije sa prostorom, uprkos aktuelnim incidentima sa urbanim mobilijarom Keja.*

Ključne reči: Babušnica, otvoreni prostor, trg, park, kej, sportsko-rekreativni centar.

Abstract - *Public open spaces in Babušnica: Central Square, Park, Kay and Sports center are analyzed in this paper through the space-physical characteristics and social aspects. Traditionality high degree of residents' place-identity and local identity was noticed, despite ongoing maltreatment of urban furniture in Quay.*

Key words: Babušnica, open space, square, park, quay, recreation center.

1. UVOD

Javni otvoreni prostor Babušnice ima četiri dominantne tačke: centralni Trg, Park, Kej i Sportsko-rekreativni centar – SRC. One su prikazane u ovom radu kroz prostorno-fizičke karakteristike kao što su povezanost, pristupačnost, funkcija u urbanoj matrici i čitljivost lokacije, i sa socijalnog aspekta prostora - sagledavanjem aktivnosti koje se u njemu odvijaju, periodičnost tih aktivnosti, korisnike prostora, dostupnost, sigurnost i bezbednost otvorenih prostora. Obradjene su i fizičke promene delova lokacije kroz prethodne periode, koje ukazuju na postojanje lokalnog identiteta prostora i identifikaciju stanovnika sa lokalnim otvorenim prostorima. Prostori su analizirani u okviru studije slučaja a podaci su sakupljeni istorijskim metodom i metodom opservacije na terenu.

2. PROSTORNO-FIZIČKE KARAKTERISTIKE

Babušnica je relativno mlado naselje, nastala je 1850-tih godina. U vreme osnivanja imala je oko 20 st, dok danas broji približno 5000 st. [1] Promenljivost delova lokacije kroz vreme prikazan je na sl. 1 i 2. Prvi stambeni objekti od efemernih materijala zidani su pored reke Lužnice a naselje i danas izvan centralnog i u perifernim delovima ima karakteristike ruralne sredine, porodične zgrade sa prostranim dvorištima i velike neformalne zelene površine livada, pašnjaka, šuma i njiva. Početkom XX v. počinje intenzivnija izgradnja javnih, privrednih i stambenih objekata za radnike koji se ovde nastanjuju ali Babušnica zadržava kompaktnost tradicionalnih naselja pa su svi javni i komercijalni objekti: pošta, banka, škola, prodavnice, smešteni na 5-10 min. hoda od centralnog Trga. Danas se u centralnoj zoni mogu prepoznati karakteristike urbanog naselja, višeporodične stambene zgrade sa komercijalnim sadržajima u prizemnom delu i javni objekti. Najviše zgrade su spratnosti P+4 pa je otvorenost uličnog profila visoka, više od 65 %. Do svih lokacija u naselju može se doći saobraćajnicama, stambenim ulicama, formalnim i neformalnim pešačkim stazama. Ne postoje bi-

ciklističke staze iako je bicikl kao prevozno sredstvo zastupljen u ovom kraju. Licima sa invaliditetom nije olakšan i omogućen pristup do svih delova naselja. Mesta za parkiranje automobila ima dovoljno, postoje i obeleženi parking prostori. Duž glavnih ulica postoje putokazi koji usmeravaju posetioce prema određenim delovima naselja, višeznačnih putokaza i znakova nema. Ipak, pokrivenost signalizacijom je nedovoljna za uspešnu orijentaciju onih koji dolaze po prvi put pa se orijentacija posetilaca nužno zasniva na usmenoj komunikaciji sa stanovnicima mesta.

2.1 Funkcija u urbanoj matrici

Trg u Babušnici je otvoreni prostor u centralnom delu naselja i fokalna tačka zajednice. Okružen je javnim objektima, zgradom Doma kulture iz 1952. g. i zgradom Skupštine Opštine iz 1954. g. Nalazi se na raskrsnici ulica reg. širine 12 m. U glavnim ulicama oko Trga regulaciona i građevinska linija se poklapaju. Ispred Doma Kulture je plato sa spomenikom i klupama, ovde je građ. linija povučena u odnosu na reg. čime je omogućeno parterno uređenje površine ispred zgrade. Trg je jedini deo naselja pri čijoj se izgradnji vodilo računa o potrebama lica sa invaliditetom, izgradnji rampi, jasnom obeležavanju pešačkih prelaza. Glavna saobraćajnica prolazi pored Trga i prema njemu se stanovnici i posetioći orijentišu. Uočljiv je sa udaljenosti od blizu 300 m iz svih pravaca, duž ulica kojima se do njega stiže. Sa Trga se pružaju vizure prema hotelu „Crni Vrh“, osnovnoj školi, zgradama pošte i policijske stanice. Najbliža stanica javnog prevoza nalazi se na 30 m od Trga, prema severu. Trg posećuju sve starosne generacije i na njemu se meštani najčešće sreću. Najposećeniji je u popodnevnom časovima u letnjem periodu. Dobro je osvetljen tokom večernjih sati, čitave godine.

Park se nalazi iza zgrade Doma kulture ali nije lako uočljiv sa Trga i ne postoje putokazi kojima se posetilac usmerava do njega. Iz dela Parka vizure se pružaju do drvoreda pored Keja ali površina Trga se ne vidi jer je zaklanjena

zgradom Doma Kulture. Trg je sa Parkom povezan popločanom stazom. Parku se može pristupiti i iz drugih pravaca ali nema popločanih staza. Do ulaza u Park može se doći automobilom a pored njega je i parking prostor. Objekti u okolini Parka su stambeni i tu je građ. linija uvučena u odnosu na reg. u delu privatnih dvorišta i bašti.

Park u Babušnici je izgrađen 2008. g. a na prostoru koji danas zauzima nalazilo se fudbalsko igralište i livada. Posećen je tokom celog dana. U letnjem periodu Park je posećeniji od Trga, dok je u zimskom periodu obrnuto. Stanovnici leti borave u Parku zbog hladovine, dok ga zimi izbegavaju jer su klupe hladne i mokre zbog snega. Slabo je osvetljen tokom zimskog perioda, jer se tada ne uključuju svi reflektori. Namenjen je svim starosnim grupama, ali ga ipak u većem broju posećuju mlađe generacije - omladina i radna populacija, dok ga penzioneri retko posećuju. Park se najčešće koristi za šetnju, rekreaciju, odmaranje i igru dece. Preko dana u Parku se najčešće mogu sresti majke sa decom, dok se starija populacija okuplja u večernjim časovima. Ovde se održavaju turniri u košarci i tenisu, često se igra i odbojka. Građani svih uzrasta koriste teretanu u Parku. Najmlađa populacija koja posećuje Park koristi sprave za igru - tobogan, ljuljaške, klackalice. Najveći broj mladih u Babušnici provodi bar deo dana u parku. Prošlog leta je obnovljen košarkaški teren i prateća oprema, ofarbani su drveni stolovi i klupe, zasađena nova trava i uređena prilazna staza.

Park se sastoji od četiri podceline: 1) zelena površina sa spravama za igru i drveni stolovi sa klupama iz 2008. g.; 2) teretana na otvorenom, koju je 2013. g. firma „Coca-Cola“ poklonila opštini Babušnica; 3) prostor oko „Wi-Fi drveta“ iz 2015. g. koji je prva besplatna Wi-Fi zona u Babušnici; 4) sportski tereni - košarkaški (sa odgovarajućom gumenom podlogom) i dva teniska terena iz 2010. g. Izgradnjom sportskih terena u Parku, on postaje još jedna fokalna tačka naselja - za okupljanje, slučajne susrete i rekreativne aktivnosti stanovnika. Ovo se dodatno intenzivira postavljanjem „Wi-Fi drveta“.

Kej se nalazi na desnoj obali reke Lužnice, nasuprot SRC. Formiran je 2011. g. na mestu livada kroz koje je utabana staza, duž reke, vodila ka baštama i perifernim delovima naselja. Staza je popločana, postavlje su klupe i svetiljke i nastao je Kej - uređeno longitudinalno šetalište, dužine približno 250 m, sa drvoredom, ukupno pet klupa duž staze, spravama za vežbanje na otvorenom, svetiljkama i kantama za otpatke. Stanovnicima koji se mogu sresti kako voze bicikl ili rolere Kej najčešće služi kao tranzitni prostor na putu do SRC. U popodnevnom časovima se mogu sresti pripadnici starije populacije kako šetaju sa svojim ljubimcima. Najprisutniji su penzioneri koji tamo šetaju ili čitaju novine na klupama i mladi sportisti i rekreativci koji koriste teretanu. Većina svetiljki na Keju je polomljena ili oštećena i zbog toga je loše osvetljen. Vrlo retko se koristi kao odredište za večernje susrete a najmanje je posećen tokom zime.

Do Keja se može doći prateći znak za kupališni kompleks, ne postoji ni jedan putokaz koji korisnika direktno upućuje na Kej. Najvećim delom je okružen prirodnim zelenim površinama, osim sa Zapadne strane, odakle mu se prilazi ulicom koja vodi iz centralnog dela naselja i gde postoje stambeni objekti sa dvorištima. Sa Istoka se može doći preko mosta kojim se ide prema SRC. Na Keju postoji i manji Pešački most širine 2 m. Ovaj most je oštećen, pa korisnici iz-

begavaju da prelaze preko njega. Postoje i pristupne staze, neuređene - utabane pešačke staze. Sa Keja se pruža vizura ka centru varošice i ka SRC.

SRC je na 450 m od centra grada, na levoj obali reke Lužnice. Sadrži kupališni kompleks, sa pratećim sadržajima, kafić, terene za mali i veliki fudbal i teniski teren. Putokaz za kupališni kompleks upućuje prema SRC, do kojeg vodi samo jedna saobraćajnica, preko mosta. Pristup kupališnom kompleksu nije omogućen licima sa invaliditetom, dok svim ostalim lokacijama na SRC mogu pristupiti jer postoje asfaltirane staze do igrališta. Sa lokacije SRC se vidi najveći deo Keja, a sa uzvišenja pored terena se vidi krov Doma kulture, dok Park ostaje zaklonjen drvoredom na Keju.

Fokalna tačka poznata i izvan Babušnice je bazen u sklopu SRC. Za vreme kupališne sezone koriste ga i stanovnici okolnih naselja. Za razliku od SRC kome nedostaju klupe, kupališni kompleks poseduje dovoljan broj klupa i ležaljki u skladu sa potrebama korisnika. Bazen posećuje i stariji i mlađi deo populacije. Kupališni kompleks je dobro osvetljen tokom sezone. Tereni za mali fudbal i tenis osvetljavaju se prema potrebi, dok teren za veliki fudbal nema osvetljenje. Zelene površine terena se redovno navodnjavaju i trava se šiša svake nedelje.



Slika 1. Početak razvoja Babušnice, kada su se kuće gradile od blata, slame i kamena, a putevi su bili od utabane zemlje.



Slika 2. Današnji izgled naselja, kuće su sagrađene od cigli, blokova i betona, a putevi su asfaltirani.

Čitljivost lokacije. Glavni orijentir u Babušnici je Trg sa okolnim zgradama. Najviša zgrada u Babušnici je zgrada Skupštine Opštine koja označava ulazak u centar grada i koja se nalazi na Trgu. Karakterističan je veliki javni sat na vrhu zgrade. Pored zgrade se nalazi hotel „Crni Vrh“ koji je nešto niži. Sa suprotne strane ulice je zgrada Doma kulture. Reper po kome se prepoznaje Trg je spomenik Palim borcima u centralnom delu Trga.

Površina Parka se hijerarhijski može posmatrati kroz prostorno-fizičku organizacija prema kojoj najveću površinu Parka zauzima zelena površina sa spravama za igru, zatim deo gde su sportski tereni, potom deo sa teretanom i na kraju prostor oko „Wi-Fi drveta“. Posmatrano sa socijalnog aspekta, po važnosti i broju korisnika najatraktivniji reper u Parku, oko kojeg se okuplja omladina, je „Wi-Fi drvo“ visine

2 m sa okolnim prostorom za sedenje, slede sportski tereni, pa zelena površina sa spravama za igru i na kraju deo sa tere-
tanom.

Veliki most je orijentir koji spaja Kej sa SRC. Hijerarhija prostora na Keju se uočava kod veličine mostova koji do njega vode. Postoji Veliki most, za motorni i pešački saobraćaj i Mali most namenjen isključivo kretanju pešaka. Teretana se nalazi na središnjem delu Keja i predstavlja fokalnu tačku, najposećeniji deo, ovog otvorenog prostora.

SRC je zaklonjen drvećem i zgradama, restoran „Nina“ je prizemni objekat koji se nalazi na uzvišenju iznad terena pa vidi se sa velike udaljenosti i predstavlja orijentir za ovaj deo naselja. Iz njega se pružaju vizure ka okolnom prostoru i centru varošice a iz njegove bašte posetioci često posmatraju fudbalske mečeve. Uočljiva hijerarhija prostora se javlja kod kupališnog kompleksa, gde postoje mali bazen, namenjen najmlađima, i veliki bazen, za odrasle kupaće. Od sportskih terena najveće je veliko fudbalsko igralište, zatim malo fudbalsko igralište, teren za tenis i teren za basket. Najposećeniji su teren za mali fudbal i tenis. Najmanje posećeno je igralište za basket, jer se nalazi u sklopu kupališnog kompleksa i da bi igrali korisnici moraju da plate ulaznicu za kupališni kompleks.

3. SOCIJALNI ASPEKT

Babušnica je najposećenija tokom leta, tada su na ulicama gužve jer se održavaju koncerti, takmičenja, turniri i dr. U Parku se za vreme leta održava turnir u basketu, kao i manji turniri u tenisu. Do nedavno su se sve kulturne manifestacije održavale u centru, na improvizovanoj bini ili u Domu kulture. Zbog velike posećenosti tim događajima sve kulturne manifestacije su prebačene u SRC. Velike saobraćajne gužve u centralnom delu naselja javljaju se za vreme pijačnog dana, ponedeljkom, najviše zbog neregulisanog parkiranja. Ostalih dana je saobraćajna gužva manja.

Opština Babušnica sa svojim maturantima poslednjih godina se priključuje međunarodnoj manifestaciji maturantske parade pod generalnim pokroviteljstvom Ministarstva za omladinu i sport. Glavni deo ove manifestacije održava se na Trgu, gde se srednjoškolci okupljaju i pripremaju da odigraju tradicionalni ples. Veliki broj okupljenih građana posmatra ovu manifestaciju.

Gradsko kupalište u Babušnici je mesto za okupljanje svih delova populacije. Prosečna posećenost u toku sezone je iznad 1500 posetilaca dnevno. Godinama unazad se na igralištima SRC održavaju letnje škole fudbala i plivanja, sportski seminari. Ove godine je u školu fudbala prošlo oko 70 mladih fudbalera. Na kupališnom kompleksu se svake godine održava takmičenje u plivanju za časni krst, na ovaj događaj dolazi veliki broj posetilaca. Početkom avgusta se održava dvonedeljni noćni turnir u fudbalu. Na terenima SRC održavaju se veće kulturne manifestacije kao što su koncerti, manifestacija Lufes - takmičenje pevača amatera u narodnoj i zabavnoj muzici koje se održava sredinom avgusta.

3.1 Lokalni identitet/Identifikacija sa prostorom

Posmatrane celine javnog otvorenog prostora Babušnice su mesta koja stanovnici doživljavaju kao svoja, mesta na kojima pronalaze sadržaje koji su im zanimljivi i na kojima se prijatno osećaju. U centralnom delu Trga nalazi se spomen obeležje oslobođiocima iz I i II sv. rata. Postavljeno je 1954.

g. i od tada im se svakog 29. nov. odaje počast. Ono je za stanovnike varošice simbol borbe i ostvarene slobode. Sav potreban materijal za izradu ovog spomenika donirali su stanovnici, što je primer tradicionalno visoke identifikacije stanovnika sa mestom u kome žive. Danas se sa obe strane spomenika nalaze klupe za sedenje, na kojima uglavnom sede stariji građani Babušnice. Nekada popularni „krugovi“ na Trgu, mesto na kome su se mladi okupljali i družili, svirali, pevali, trebalo je da se planom sačuvaju ili izmeste u neki drugi deo grada, recimo na Kej, nažalost do toga nije došlo i krugovi su uništeni u procesu renoviranja Trga.

Kada je zgrada Doma kulture otvorena u njoj su radili biblioteka, bioskop, amaterski KUD, kancelarija MZ i Crvenog krsta. U Biblioteci Doma kulture su organizovane književne večeri. Istovremeno u njoj je bila smeštena i Razglasna stanica koja je mrežom zvučnika širom varošice, obavestavala građane o aktuelnim događajima u zemlji i svetu, od ranih jutarnjih do kasnih večernjih časova. Ova razglasna stanica je, u vreme kada nije bilo TV i radio prijemnika u domovima meštana, bila važan vid obavestavanja stanovništva. Njenim postojanjem javni otvoreni prostor Babušnice dobija funkciju objavljivanja i prenošenja zvaničnih vesti, koja leži u korenima istorijskih trgova i, uz neformalnu komunikaciju radi podele informacija, jedan je od najvažnijih aspekata javnog prostora.

U centru grada, 30-tih godina prošlog veka postojala je kafana koju su meštani zvali „Videnova kafana“, u kojoj su u to vreme donošene važne odluke, vezane za budućnost grada, održavani politički sastanci i okupljali se viđeniji ljudi tog vremena. Na tom mestu se danas nalazi restoran „Crni Vrh“ osnovan 1948. g. Na početku rada u njemu je pripremana hrana i za štićenike Doma dece palih boraca. Ovaj uslužni objekat je tradicionalno fokalna tačka naselja za koju se vezuju značajne društvene i društveno korisne aktivnosti. Tek 1964. g. pored restorana je izgrađen istoimeni hotel. Ispred ulaza u hotel je postojala uređena zelena površina i drvored listopadnih stabala, za koja je procenjeno da zbog svoje veličine ugrožavaju bezbednost meštana pa su posečena i zasađene su jelke a ostatak parternog uređenja je popločan. U odnosu na prvobitni izgled hotela vremenom je dodat krov, restoran je renoviran a zidovi od cigli i blokova zamenjeni su staklom što je ovom objektu dalo savremeniji izgled.

Izgradnja SRC je trajala od 1987-2010. g. Nakon izgradnje fudbalskog terena, radovi su stali zbog nedostatka materijalnih sredstava. Nekoliko puta je pokušavan nastavak izgradnje ali bi se uvek pojavio neki problem i stalo bi se. Početkom 1990-tih je organizovana dobrovoljna radna akcija na izgradnji kupališnog kompleksa, kojoj se odazvao veliki broj stanovnika. Ova akcija je indikator visoke kolektivne svesti meštana i pokazuje da stanovnici ovaj deo naselja doživljavaju kao svoj i da nesebično ulažu sopstveni rad u cilju izgradnje društveno korisnog prostora.

Završetkom izgradnje, SRC je otvoreni prostor sa možda najizraženijim lokalnim identitetom jer ga koriste svi građani, za različite aktivnosti. Kupališni kompleks radi za vreme leta. U zimskom periodu bazeni se ponovo pune zbog takmičenja u plivanju za časni krst. Tereni se koriste za organizovana takmičenja i okupljanja lokalnih rekreativaca. Najposećeniji je teren za veliki fudbal, gde domaća fudbalska ekipa svakog drugog vikenda dočekuje protivnike. Veliki broj meštana i posetilaca sa strane prati utakmice svog kluba.

Dostupnost prostora. Javni otvoreni prostor Babušnice je dostupan svim socijalnim grupama (manjinama, siromašnima, deci i mladima, ženama, starima i nemoćnima), na njemu se okupljaju korisnici različitih uzrasta, rase, religija, generacija i polova, i postoji jednakost u pravima svih korisnika. Trg je mesto za okupljanje svih stanovnika, od penzionera do najmlađih generacija. U Parku su preko dana najprisutnija deca, dok u kasnim popodnevima satima Park posećuju i starije generacije. Kada fudbaleri lokalnog kluba nemaju trening, njihov teren na SRC koriste rekreativci. Svi prostori u Babušnici su javni i dostupni, osim kupališnog kompleksa koji se nalazi u SRC. Da bi se koristio kupališni kompleks potrebno je kupiti ulaznicu.



Slika 3. Trg sa spomenikom i krugovima.



Slika 4. Teretana na Keju.



Slika 5. „Wi-Fi drvo“.

3.2 Sigurnost i bezbednost

Početkom godine Opština Babušnica i MUP postavili su kamere za video nadzor na nekoliko lokacija u naselju. Video nadzor postavljen je u cilju poboljšanja opšte bezbednosti i sigurnosti. Ima nekoliko mobilnih kamera koje će MUP premeštati po potrebi.

Opasnost po sigurnost građana u blizini Trga predstavlja je oronule fasade okolnih zgrada u privatnom vlasništvu. Opasnost predstavljaju i nepoploločani trotoari, zbog čega se građani često kreću kolovozom čime potencijalno ugrožavaju svoju bezbednost. Vizuelna preglednost ka Trgu i sa njega je dobra, nema velikih objekata koji blokiraju vizure a stalno prisutni stanovnici pružaju dovoljan broj "očiju na ulici" pa je prostor bezbedan i nema ozbiljnih kriminalnih aktivnosti.

Park je ograđen, da bi se zaštitila deca. Babušnica je do nedavno imala problem sa psima lualicama koji su boravili na Trgu i u okolini Parka. Iz zgrada koje se nalaze oko Parka, roditelji ne mogu da nadgledaju svoju decu koja se u njemu igraju, zbog stabala koja zaklanjaju vizure. Ako dođe do

oštećenja na nekom od rekvizita, sprava za vežbanje, klupa, popravlja se u kratkom vremenskom roku kako ne bi došlo do povrede.

Kej je longitudinalnog oblika i vizuelna preglednost tokom dana je dobra jer ništa ne zaklanja vizure. Godinama unazad se Babušnica se suočavala sa problemom narkomanije. Manje grupe narkomana su se okupljale u kasnim večernjim satima u blizini Keja i građani su izbegavali taj deo naselja. Nekoliko puta je bio meta vandala, uništavane su klupe, kante za otpatke i svetiljke što je sredstvima Opštine redovno obnovljano. Sredinom 2015. g. mladi iz Babušnice su samoinicijativno ofarbali klupe na Keju, što je još jedan primer identifikacije sa javnim prostorom i potvrda da ga meštani doživljavaju kao svoj. Problem na Keju je rešen tako što je Opština postavila svetiljke celom dužinom Keja, ali su narkomani prešli u park iza osnovne škole. Iako je nedavno zamenjena rasveta na Keju, nova oprema je brzo uništena ili oštećena, pa je na pojedinim deonicama Keja osvetljenost opet niska. Prilikom poslednje rekonstrukcije bilo je planirano da se ceo Kej stavi pod video nadzor, što nije urađeno.

SRC je pokriven video nadzorom, a i uvek se u blizini nalazi patrola policije. Sa brda iznad SRC pregledna je cela lokacija. Ovaj otvoreni prostor važi za bezbedan, ako i dođe do neke povrede, ona je nastala na terenima za igru.

4. ZAKLJUČAK

Otvoreni prostori Babušnice su solidno opremljeni, dobro povezani i strateški locirani širom naselja. Ono što najviše nedostaje su putokazi kojima bi se jasno obeležio položaj posmatranih otvorenih prostora u naselju i posetioci usmerili prema njima. Trebalo bi adekvatno opremiti javne prostore rampama i taktilnim stazama kako bi lica sa invaliditetom mogla da koriste sve njegove delove i kako bi im bio omogućen pristup u sve delove grada. Primetan je i deficit javnih svetiljki zbog čega se prostori u večernjim časovima nedovoljno ili neadekvatno koriste. Iako je u Babušnici razvijena visoka kolektivna svest i stanovnici imaju jaku identifikaciju sa javnim otvorenim prostorima značajan socijalni nedostatak je nemogućnost da se stopira manifestacija agresije pojedinih grupa koja je usmerena na devastiranje urbane opreme. Novim projektima, javnim edukacijama i društveno korisnim akcijama trebalo bi unaprediti kvalitet života u javnim otvorenim prostorima, zadovoljstvo i održivost zajednice i animirati lokalno stanovništvo da pravilno koristi i čuva javnu imovinu.

LITERATURA

- [1] dr P. Golubović, N. Todorović, *Demografski razvitak Lužnice*, Niš, 1997.
- [2] Regulatorni plan centra Babušnice.
- [3] V. Đorđević, *Vreme za pamćenje i nezaborav u slici i reči od 6. septembra 1944. godine do 6. septembra 2014. godine*, Babušnica, 2014.
- [4] D. Stanojević, *Javni otvoreni prostor varošice, studija slučaja – Babušnica*, Završni rad, VTŠ Niš, 2015.

PRIMENA SILIKATNE PRAŠINE KAO DODATKA BETONU APPLICATION OF SILICA FUME AS ADDITION IN CONCRETE

Milan Protić, *Visoka tehnička škola strukovnih studija u Nišu, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj – Silikatna prašina nastaje kao nus-produkt prilikom proizvodnje silikatnih legura, veliki je zagađivač životne sredine i štetna po zdravlje živih bića. Zbog svoje pucolanske aktivnosti karakteristike betona mogu poboljšati sa zamenom određenog dela cementa silikatnom prašinom, tako da bi njeno korišćenje u ove svrhe pojeftinilo proizvodnju betona i rešilo problem odlaganja ovog štetnog otpada. U ovom preglednom radu su diskutovani rezultati ranijih istraživanja primene silikatne prašine u proizvodnji betona.

Ključne reči: Silikatna prašina, Beton.

Abstract – Silica fume is a by-product from silicon alloy production, it pollutes the environment and has a hazardous influence on live beings. Because of pozzolanic activity, properties of concrete could be improved with replacement of some part of concrete with silica fume, so using it in that purpose would cheapen the concrete production and solve the waste disposal problem. In this review results of earlier researches and use of silica fume in concrete production are discussed.

Key words: Silica fume, Concrete.

1. UVOD

Silikatna prašina ima izražena pucolanska svojstva i u izvesnoj meri može zameniti cement u običnom betonu, ili se koristiti kao mineralni dodatak samougrađujućem betonu, u svetu se sve više vrše ispitivanja na tu temu, a sa krajnjim ciljem rešavanja problema odlaganja otpadnih materijala.

Silikatna prašina je amorfni polimorf silikon dioksida. To je fini prah koji se dobija kao nusprodukt prilikom proizvodnje silikatnih i ferossilikatnih legura u elektrostatičkom filteru u kome se taloži [1].

Jedno od prvih ispitivanja primene u betonu izvršeno je 1952. godine, međutim u to vreme nisu bile raspoložive dovoljne količine silikatne prašine da bi istraživanje moglo biti uspešno sprovedeno. S pooštrenjem zakona o zaštiti životne sredine 70-ih godina prošlog veka, krenulo se sa sakupljanjem silikatne prašine i ozbiljnijim istraživanjima o mogućnosti njene primene. Istraživanja u Norveškoj privukla su pažnju jer je ispitivani beton, koji je pored portland cementa u sebi sadržao i izvesnu količinu silikatne prašine, imao visoke čvrstoće i malu poroznost.

U radu je opisano na koji način silikatna prašina utiče na svojstva betona i kako se dobija. Dalje je, kroz rezultate nekih ispitivanja, navedeno kako silikatna prašina utiče na karakteristike svežeg i očvrstlog betona, kao što su: otpornost armature na koroziju [2], otpornost na habanje maltera, skupljanje betona [4], obradivost, konzistencija itd. Najzad, opisano je kako dodatak silikatne prašine može da utiče na čvrstoću betona [5], u zavisnosti od procenta, i na čvrstoću betona koji su predviđeni da imaju visoke čvrstoće [6].

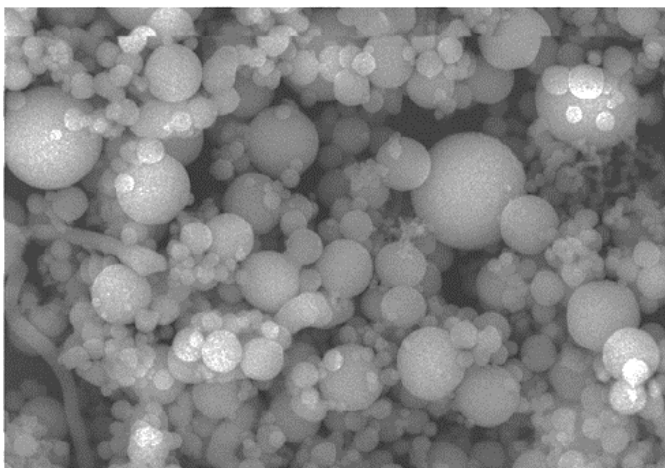
2. NASTAJANJE, JEDINJENJA I REAKCIJA

Silikatna prašina nastaje prilikom proizvodnje silikatnih legura u električnim pećima (Slika 1.), taloženjem dima koji izlazi iz peći i koji se sakuplja. Umesto deponovanja silikatna prašina se prodaje.



Slika 1. Električna peć

Čestice su sfernog oblika i prosečne su veličine 150 nm, što je čini oko 100 puta manjim od čestica cementa (Slika 2.).



Slika 2. Čestice silikatne prašine pod elektronskim mikroskopom

Prilikom procesa proizvodnje u električnim pećima javlja se veliki broj sporednih reakcija i stvara silicijum-monoksid (SiO) u gasovitom stanju. Gasoviti silicijum-monoksid u dodiru sa relativno hladnom atmosferskim vazduhom trenutno oksidiše i stvaraju se sferične čestice silicijum-dioksida (SiO₂), koje iz peći izlaze u oblaku dima. Izduvni gas, pored čestica silicijum-dioksida sadrži i čestice koksa, kamena i gvožđe-oksida, koje su приметно veće od čestica silicijum-dioksida, međutim brojno predstavljaju manji udeo.

Izduvni gas iz peći prolazi kroz elektrostatički filter [1], u kome se čestice silikatne prašine izdvajaju i sakupljaju.

Primarni sastojak silikatne prašine je amorfni (nema kristalnu strukturu) silicijum dioksid SiO₂, koji procentualno može ispunjavati od 85% do 97% količine. Ostali bitniji sastojci kalcijum-oksidi (CaO), magnezijum-oksidi (MgO), aluminijum-oksidi (Al₂O₃), feri-oksidi (Fe₂O₃), kalijum-oksidi (K₂O), sumpor-oksidi (SO₃), natrijum-oksidi (Na₂O), koji su svi više ili manje sadržani u jednom procentu.



Slika 3. Silikatna prašina

Kada se doda u betonsku mešavinu nema reakcije do trenutka kada se doda voda i krene reakcija između portland cementa i vode (hidratacija). Prva hemijska reakcija daje dva hemijska jedinjenja: kalcijum-silikat-hidrat (CaO·SiO₂·H₂O), koji daje čvrstoću zbog kristalizacije, i kalcijum-hidroksid (Ca(OH)₂), koji popunjava dostupne pore u betonu ili iscuri.



Pucolanska reakcija nastaje između silikatne prašine i kalcijum-hlorida, tom prilikom stvara se još kalcijum-silikat-hidrata koji dodatno ispunjava prostor oko hidratiranih čestica cementa. Tom prilikom ne samo da se povećavaju čvrstoća na pritisak, zatezna čvrstoća i sila veza između čestica, već se i ostvaruje veća gustina, a pogotovu na mestima gde bi inače bile praznine u kojima bi se mogle naći materije koje štetno deluju na beton tokom vremena.

3. REZULTATI RANIJIH ISTRAŽIVANJA

Način na koji će se silikatna prašina upotrebiti u betonu i u kojoj meri zavisi od toga koja bi svojstva beton trebalo da postigne. Na tržištu se mogu naći različiti hemijski sastavi silikatne prašine, tako da se, prilikom planiranja upotrebe, mora uzeti u obzir i specifikacija odgovarajućih dobavljača.

H. A. F. Dehwah [2] pokazao je da beton sa 8% mrvljenog kamena i 5% silikatne prašine ima znatno povećanu otpornost armature na koroziju. U istraživanju je za ispitivanje otpornosti na koroziju korišćen 5% rastvor NaCl, sa izloženošću do 2 godine.

Prema istraživanjima D. D. L. Chunga [3] dodavanje silikatne prašine betonu postiže se poboljšanje brojnih karakteristika: otpornost na temperaturne promene, smanjeno skupljanje betona u procesu sušenja, otpornost na habanje maltera, prigušenje vibracija, povećana vodonepropusnost, povećana otpornost na hemijska dejstva, smanjena alkalno-silikatna reakcija i ojačana veza sa cementom. Silikatna prašina nepovoljno utiče na obradivost i konzistenciju sveže betonske mase. Sa druge strane, konzistencija maltera, sa dodatkom silikatne prašine tretirane u silanovom agensu ili sa dodatkom samog silana (SiH₄), pokazala je znatno bolje rezultate.

Des King [4] je sproveo više vrsta ispitivanja uticaja silikatne prašine na svež beton, proces očvršćavanja i očvrslu betonu. Silikatna prašina kao dodatak betonu smanjuje segregaciju i samim tim odgovara kao dodatak betonu koji se pumpa na velike daljine a naročito vertikalno. Prilikom izgradnje trenutno najviše zgrade na svetu, Burž Kalife, korišćen je beton sa silikatnom prašinom za pumpanje na rekordnih 600 m visine. Zbog velike površine zrna, beton sa silikatnom prašinom upija više vode, tako da je smanjena mogućnost da voda izađe na površinu, međutim zbog toga u uslovima brzog sušenja treba sprovesti sve mere kako beton ne bi prerano ostao bez neophodne vlage koja za potpuni proces očvršćavanja i dobijanja željenih karakteristika. Najpodložniji preranom gubitku vlage su delovi blizu površine. U vremenskim uslovima gde ima dosta sunca i vetra, mere nege betona moraju se sprovesti odmah nakon betoniranja. Prisustvo silikatne prašine u betonu smanjuje količinu toplote koja se oslobađa prilikom procesa hidratacije, što smanjuje mogućnost pojave prslina u mladom betonu, međutim usporava sam proces očvršćavanja, koji je najbrži u periodu kad se razvije najveća toplota. Zbog toga bi trebalo oplatu zadržati duže, odnosno betonu poveriti sopstvenu nosivost tek nakon većeg vremenskog perioda. Za 28 dana beton sa dodatkom silikatne prašine postigne 8% veću pritisnu čvrstoću od betona koji sadrži samo portland cement. Dok čvrstoća na zatezanje cepanjem kod betona sa portland cementom predstavlja oko 10% vrednosti čvrstoće na pritisak, kod betona sa dodatkom silikatne prašine predstavlja nešto manje. Čvrstoća na zatezanje savijanjem u betonu sa dodatkom silikatne prašine takođe raste, kao i pritisna čvrstoća, ali u malo

manjem obimu, tako da se u periodu od 28 do 182 dana čvrstoća na zatezanje savijanjem kreće od 8,5 do 8.9%, a kod betona sa portland cementom kreće od 9,4 do 10,7%. Prisustvo silikatne prašine, zbog smanjenja pora i prekida njihovih kontinualnosti, u velikoj meri može da smanji vodopropusnost betona. Ispitivanja su pokazala da je beton sa dodatkom silikatne prašine pokazao veću otpornost na koroziju armature, kao i na uticaj soli. Most-tunnel, koji prelazi preko Eresund moreuza i spaja Švedsku i Dansku, izgrađen je od betona sa dodatkom od 15% letećeg pepela i 5% silikatne prašine zbog dugotrajnosti u morskim uslovima. U pogledu uticaja sulfata, silikatna prašina povećava otpornost na natrijum-sulfat (živu sodu), samim tim što samnjuje pore, dok otpornost na taumazit veoma malo povećava, ali više nego betoni sa aditivima za otpornost na sulfate. Sve vrste betona su jako osetljive na dejstvo kiselina, koje razgrađuju strukturu. Silikatna prašina u ovom slučaju pruža blaži oblik zaštite zbog nepropusnosti. Istraživanja su pokazala da manji vodocementni faktor i silikatna prašina kao dodatak pružaju zaštitu od većih oštećenja hemijski agresivnih jedinjenja, a takav beton se u velikom broju zemalja koristi za izradu kanizacionih cevi i sistema. U pogledu otpornosti na abraziju dodatak silikatne prašine pruža zadovoljavajuću zaštitu sa udelom od 10%. I pored toga što silikatna prašina ne utiče značajno na svojstva termičke provodljivosti i specifične toplote betona, postoje dokazi da se beton sa silikatnom prašinom bolje ponaša u požaru.

Vishal S. Ghutke i Pranita S. Bhandari [5] su u ispitivanju došli do sledećih zaključka da:

- s opadanjem vodocementnim faktorom opada čvrstoća;
- se optimalna čvrstoća na pritisak može postići sa zamenom 10% cementa silikatnom prašinom;
- obradivost svežeg betona opada s pojavom silikatne prašine umesto cementa;
- čvrstoća na pritisak opada ako procenat zamenjenog cementa silikatnom prašinom bude više od 15%.

Sudarsana Rao Hunchate, Sashidhar Chandupalle, Vaishali G. Ghorpode i Venkata Reddy. T. C. [6] su u istraživanjima ispitivali uticaj silikatne prašine na svojstva betona visokih čvrstoća. Ispitivano je 6 uzoraka, sa procentima zamene 0, 5, 10, 15, 20 i 25% cementa silikatnom prašinom. Kod uzoraka

sa 20 i 25% zamenjenog cementa došlo je do smanjenja pritisne čvrstoće posle 7 i 28 dana. Takođe, kao i u prethodnom radu, sa povećanjem udela silikatne prašine opada obradivost svežeg betona.

4. ZAKLJUČAK

Silikatna prašina, uz pravilan odabir, može poboljšati karakteristike betona, i sve se više istražuje njena primena. Veliki je zagađivač životne sredine, deponovanje je skupo, tako da je mogućnost njene upotrebe u betonu izuzetno povoljna kako za proizvođače, životnu sredinu, tako i za proizvodnju betona, čija svojstva poboljšava.

LITERATURA

- [1] J. E. Yocom, S. Chapman, *The Collection of Silica Fume with an Electrostatic Precipitator*, Journal of the Air Pollution Control Association, (1958).
- [2] H. A. F. Dehwah, *Corrosion resistance of self-compacting concrete incorporating quarry dust powder, silica fume and fly ash*, Construction and Building Materials 37 (2012) 277–282.
- [3] D. D. L. Chung, *Review Improving cement-based materials by using silica fume*, Journal of Materials Science 37 (2002) 673-682.
- [4] D. King, *The effect of silica fume on the properties of concrete as defined in concrete society report 74, cementitious materials*, 37th Conference on OUR WORLD IN CONCRETE & STRUCTURES: 29 – 31 August 2012, Singapore.
- [5] V. S. Ghutke1, P. S. Bhandari, *Influence of silica fume on concrete*, International Conference on Advances in Engineering & Technology – 2014 (ICAET-2014).
- [6] S. R. Hunchate, S. Chandupalle, V. G. Ghorpode, V. Reddy. T. C., *Mix design of high performance concrete using silica fume and superplasticizer*, International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology Vol. 3, Issue 3, March 2014.

GRAĐEVINSKI MATERIJALI I OTPORNOST PRI POŽARU CONSTRUCTION MATERIALS AND RESISTANCE IN THE FIRE

Danijela Zlatković, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Jelena Zlatković, *Građevinsko-ArHITEKTONSKI fakultet Niš, Aleksandra Medvedeva 16, Niš*

Sadržaj - *Otpornost na dejstvo požara građevinskih materijala je jedan od osnovnih preduslova koji obezbeđuju stabilnost i održivost građevinskih konstrukcija pri pojavi požara. Sposobnost materijala da se suprotstavi uticaju visokih temperatura zavisi od vrste materijala kao i od komponenti koje su sastavni delovi građevinskih konstrukcija. Jedna od najvažnijih osobina građevinskih materijala je da sa jedne strane spreči pojavu požara, a sa druge strane ako do požara dođe, da onemogući njegovo brzo širenje i prenošenje na okolinu kako bi se obezbedila evakuacija ljudi i gašenje požara, takođe i da se obezbedi stabilnost građevinskih konstrukcija pri požaru i zaštita od većeg širenje požara.*

Ključne reči: Požar. Građevinski materijali. Otpornost na požar.

Abstract - *The fire resistance of construction materials is one of the basic requirements that ensure stability and sustainability of the building structure in response to the fire. The ability of a material to counteract the effects of high temperature depends on the type of material as the components that are integral parts of building structures. One of the most important characteristics of building materials is that on the one hand to prevent the spread of fire, and on the other hand, if a fire occurs, to prevent its rapid spread and transfer to the environment to ensure the evacuation of people and fire extinguishing, and also to ensure the stability of the building construction fire protection and greater spread of fire.*

Key words: Fire. Construction materials. Resistance to fire.

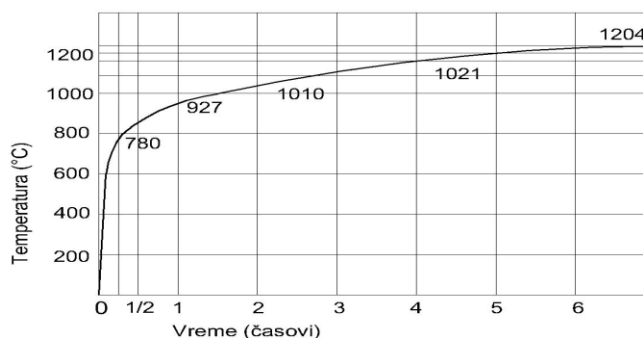
1. UVOD

Požar je proces nekontrolisanog širenja vatre i sagoravanja kojim se ugrožavaju život i zdravlje ljudi, materijalna dobara i životna sredine. Analizom podataka nakon požara među uzročnicima pojave požara nalaze se konstrukcioni nedostaci i građevinski nedostaci. Građevinski nedostaci mogu se otkoloniti ako posveti posebna pažnja preventivnim građevinskim merama, koje se ogledaju u izboru materijala od kog će objekat biti napravljen. U ovom radu biće prikazana otpornost prema požaru određenih tipova građevinskih konstrukcija kao i građevinskih materijala, koji su osnova za preventivne mere. Preventivne mere imaju za cilj sa jedne strane da spreče pojavu požara, a sa druge strane, ako do požara dođe da onemogući njegovo brzo širenje i prenošenje na okolinu kako bi se obezbedila evakuacija ljudi i gašenje požara [1]. Jedan od najbitnijih faktora je otpornost građevinskih materijala pri požaru i njegova zaštita kako ne bi izazvali veće širenje požara.

2. VATROOTPORNOST GRAĐEVINSKIH KONSTRUKCIJA I ELEMENATA

Otpornost na dejstvo požara predstavlja sposobnost materijala da se suprotstavi kratkotrajnom delovanju visokih temperatura koje se razvijaju u uslovima požara.

Za eksperimentalno ispitivanje vatrootpornosti konstrukcijskih elemenata, uveden je pojam standardnog požara koji predstavlja simulaciju prosečnih uslova koji vladaju tokom požara. Ovaj standardni požar je definisan krivom temperatura-vreme [2]. Pretpostavlja se da će u uslovima požara temperatura na početku naglo da raste (nivo temperature blizu 900 °C dostiže se za oko 30 minuta), dok je kasniji rast temperature mnogo sporiji, tako da temperatura za 6 časova od početka požara dostigne vrednost od oko 1200 °C.



Temperaturna kriva standardnog razvoja požara

Slika 1. Kriva standardnog požara.

Kada je reč o konstrukcijskim materijalima oni nakon požara moraju u potpunosti da sačuvaju svoja mehanička svojstva, odnosno da ispune tri kriterijuma:

- Kriterijum stabilnosti:

Konstrukcija, njen deo ili pojedini element moraju sačuvati svojstvo nosivosti, odnosno ne smeju se srušiti pod računski dopuštenim opterećenjem u požaru za vreme gašenja ili neposredno po gašenju požara.

- Kriterijum integriteta:

U delovima konstrukcije izloženim dejstvu požara ne smeju nastati pukotine kroz koje bi plamen ili zapaljivi gasovi mogli prodrati u susednu prosoriju.

- Kriterijum izolacije:

Srednja temperatura na strani konstrukcije koja nije izložena dejstvu požara ne sme porasti više od 140 °C u odnosu na početnu temperaturu pre nastanka požara.

Ako određena konstrukcija nema potrebnu otpornost na dejstvo požara, neophodno je da se osnovni materijali takve konstrukcije obezbede od uticaja vatre primenom različitih zaštitnih materijala. Ovi materijali se na konstrukcije najčešće apliciraju u vidu dodatnih obloga.

3. ARMIRANOBETONSKE KONSTRUKCIJE I OTPORNOST PREMA POŽARU

Armirani beton ima dobru otpornost na dejstvo požara i spada u nesagorive materijale. Gubi mehaničke i fizičke osobine tek na višim temperaturama (350-500 °C).

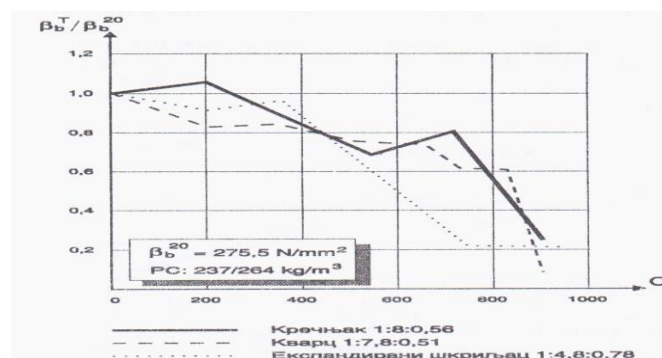
Deformacije usled dejstva požara imaju karakter deformacija od kratkotrajnog opterećenja.

U opštem slučaju vreme otpornosti na dejstvo požara armirano-betonskih elemenata i konstrukcija zavisi od:

- statičkog sistema,
- vrste i oblika AB preseka,
- dimenzija preseka,
- debljine zaštitnog sloja betona do armature,
- marke betona,
- vreste i količine cementa,
- vodocementnog faktora,
- vrste agregata,
- poroznosti betona,
- procenta armiranja,
- starosti betona,
- karaktera i veličine opterećenja.

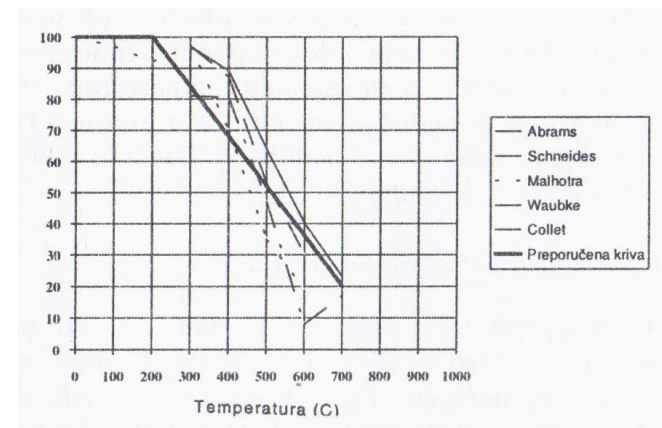
U uslovima požara u betonskim elementima su prisutni vrlo visoki temperaturni gradijenti, tako da zagrejani površinski slojevi elemenata često pucaju i odvajaju se od hladnijih unutrašnjih delova. Prilikom zagrevanja betona dolazi do promene fizičko-mehaničkih svojstava cementnog kamena i agregata i smanjenja čvrstoće prijanjanja između njih. Agregati koji sadrže silicijum i njegove produkte (granitni i silikatni agregati) utiču na brzi gubitak mehaničke čvrstoće. Za razliku od njih, betoni sa krečnjačkim i dolomitskim agregatom postojaniji su na dejstvo visoke temperature.

Veću otpornost prema dejstvu visokih temperatura pokazuju i betoni spravljeni sa aluminatnim cementom. [5]



Slika 2. Uticaj vrste agregata na smanjenje čvrstoće na pritisak betonskih prizmi pod dejstvom visokih temperatura

Zbog smanjenja sile adhezije između cementnog kamena i agregata, na temperature od 300°C do 400°C stvaraju se mikroprrsline. Na temperaturi od 500°C ove mikroprrsline su vidljive golim okom. Iznad ove temperature širina prslina naglo raste, do 1mm. Elementi zagrejani u središtu preseka do 700°C se posle hlađenja ruše, a kvašenjem betona vodom za gašenje dovodi do potpunog loma. [3]



Slika 3. Dijagram opadanja čvrstoće na pritisak betona pri dejstvu požara prema ispitivanjima različitih autora

Kod armiranog betona ove pojave se ispoljavaju u zonama armaturnih šipki i kada dođe do ogoljavanja armature proces se obično još više intenzivira, pošto nezaštićene šipke predstavljaju dobre provodnike toplote ka unutrašnjosti elementa.

U uslovima požara kod armirano-betonskih elemenata slabi i prijanjanje između betona i čelika i dolazi do "klizanja" armature. Nosivost armirano-betonskih elemenata u uslovima požara zavisi od ponašanja same armature, kao i od stepena očuvanja sprege beton-čelik. Dakle, od značaja su vrsta upotrebljenog čelika i njegove reakcije na visoku temperaturu zatim debljine zaštitnih slojeva i stepen naprezanja čelika, kao i athezija beton-čelik. [4]

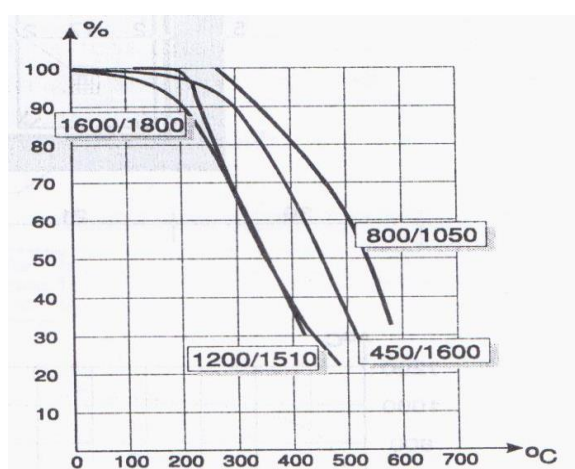
4. PREDNAPREGNUTE ARMIRANOBETONSKE KONSTRUKCIJE

Prednapregnute konstrukcije imaju bitno smanjenu otpornost na dejstvo požara u odnosu na konstrukcije od običnog armiranog betona.

Vrste čelika koje se koriste za prednaprezanje gube svoju čvrstoću na povišenim temperaturama brže nego prirodno čvrsti čelici koji se koriste u armiranobetonskim konstrukcijama. Posle uslova požara visokovredni čelici nepovratno gube čvrstoću. Naknadnim hlađenjem trajno se gubi 30% čvrstoće, a ako je temperatura požara 700°C i do 60% prvobitne čvrstoće.

Za postojanost u uslovima požara mora se postići da čelik za prednaprezanje se ne zagreje iznad 400°C tokom požara. Da bi se sačuvala dovoljna moć nošenja konstrukcije posle dejstva požara, odnosno da se ne izgube svojstva prednaprezanja, čelik za prednaprezanje ne sme da se zagreva iznad 200°C. [3]

Zaštita čelika za prednaprezanje se postiže povećanjem debljine zaštitnog sloja betona, smanjenjem napona pritiska na strani izloženoj dejstvu požara i oblaganjem elemenata vatrootpornim malterima ili negorivim mineralnim pločama.



Slika 4. Ponašanje različitih vrsta čelika za prednaprezanje na visokim temperaturama (domaći čelik 1200/1510 i nemački čelici 1600/1800, 800/1050, 450/1600)

Posebno efikasna zaštita od požara se postiže oblaganjem elemenata vatrootpornim malterima (vermikulitnim, perlitnim, brizganom mineralnom vunom, itd), kao i negorivim mineralnim pločama u obliku plafonskih ploča ili spuštenih plafona (negor ploče, armirane gipsane ploče, itd).

5. ZAKLJUČAK

Vatrootpornost nekog elementa građevinske konstrukcije, bilo da je noseći ili ne, je da ne izgubi funkciju nosivosti za određeno vreme pri standardnom ispitivanju otpornosti prema požaru, odnosno, to je vreme izraženo u minutima za koje ta građevinska konstrukcija odoleva požaru, te ispunjava zahteve propisane normom. Ponašanje objekata u uslovima požara prvenstveno zavisi od materijala od kojih je izgrađen objekat, kao i od konstrukcije objekta. Primenom neadekvatnih građevinskih materijala dolazi do brzog širenja požara, čime dolazi do pojave šteta. Štete koje se javljaju kao posledica požara, povećane su finansijskim i ljudskim gubicima.

Građevinske konstrukcije projektovane prema svim zahtevima građevinske statike, predviđene su da traju više desetina godina. Izlaganjem visokim temperaturama nastalim u požaru za vrlo kratko vreme dolazi do takvih oštećenja koja zahtevaju rušenje ili vrlo velika materijalna ulaganja za njihovu sanaciju. Dugogodišnja praksa je pokazala da ponašanje građevinskih konstrukcija u uslovima požara zavisi od osobina materijala od kojeg su izgrađene. Primenom savremenih tehničkih dostignuća treba uraditi sve da se spreči nastajanje požara, ili da se posledice požara smanje na najmanju moguću meru.

LITERATURA

- [1] M. Erić, "Protivpožarna i preventivno-tehnička zaštita- Inženjersko-tehnički priručnik", "Jel&Mil", Čačak, 2009.
- [2] V.Bujandrić, N. Bujandrić, "Projektovanje protivpožarne zaštite", "Vedeco", Beograd, 2011.
- [3] M.Vidaković, B. Vidaković, "Požar i arhitektonski inženjering- priručnik", "Fahrenheit", Beograd, 2012.
- [4] <http://www.hvz.hr/opasnosti-i-rizici-nastanka-pozara-i-mjere-zastite/>
- [5] D. Sekulović, M. Kadić, "Zbirka propisa iz oblasti zaštite od požara i eksplozija sa objašnjenjima za praktičnu primenu", "Nova prosveta", Beograd, 2012.

ORGANIZACIJA I UREĐENJE DVORIŠNIH PROSTORA MUZEJA SPATIAL ORGANISATION AND DESIGN OF MUSEUM COURTYARDS

Ana Peković, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*
Aleksandra Marinković, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj – U ovom radu su analizirana dvorišta muzeja, njihova prostorna organizacija i uređenje kao i način upotrebe otvorenog prostora dvorišta. Dati su primeri dvorišta pet stranih i pet domaćih muzeja koja su sagledana kroz sledeće aspekte: pristupačnost; urbana oprema; aktivnosti; korisnici; sigurnost i bezbednost; višenamenska upotreba. U zaključku su dati predlozi za unapređenje uređenja dvorišta domaćih muzeja.

Ključne reči: dvorišta muzeja, organizacija i uređenje prostora, upotreba otvorenog prostora.

Abstract - In this paper various designs of museum courtyards are analyzed, their spatial organization and arrangement, as well as the use of open space. Courtyards of five foreign and five local museums are used as examples and reviewed through the following aspects: accessibility; urban equipment; activities; users; safety and security; multi-purpose use. In conclusion there are suggestions for improving the organization of local museums courtyards.

Key words: museum courtyards, spatial organization and design, open space use.

1. UVOD

Specifičnim uređenjem i funkcionalnošću, dvorišta muzeja privlače posetioce da u njima borave, čak i kada nisu u poseti muzeju. Na ovaj način dvorište muzeja, osim osnovne namene postaje prostor gde se ljudi okupljaju i druže. Budući da se u muzejima čuvaju i izlažu umetničke i naučne zbirke očekivano je da i uređenje njihovih dvorišta prati tematiku muzeja, te da na indirektnan način poziva posetioce koji u njemu provode vreme da uđu i pogledaju postavku muzeja. U tački dva dat je kartak prikaz potreba korisnika otvorenih prostora a zatim su kroz tačku tri analizirani primeri dvorišta pet stranih i pet domaćih muzeja, različitih veličina, namena i obrade površina i potencijalnih aktivnosti koje nude korisnicima.

2. POTREBE KORISNIKA

Istraživanja i studije o ponašanju korisnika u otvorenom prostoru otkrivaju najmanje pet osnovnih kategorija korisničkih potreba koje treba uzeti u obzir prilikom oblikovanja otvorenih prostora i upravljanja njima. Ove kategorije obuhvataju: komfor, relaksaciju, pasivno učešće, aktivno učešće i otkrivanje prostora. Šesta kategorija, koja je često ignorisana u studijama o otvorenom prostoru, može biti – zabava. Izvedene studije pokazuju da se potrebe mogu razlikovati u zavisnosti od godina korisnika (na primer: potrebe dece, tinejdžera, odraslih i starijih osoba), od pola korisnika i od kulturne sredine iz koje potiče, međutim ove kategorije su izdvojene kao zajedničke potrebe većine korisnika otvorenih prostora. Zabavne postavke u dvorištima muzeja i prilagođene deci podstiču kod njih razvoj interesovanja za nauku i umetnost.

Komfor. Da bi otvoreni prostor bio pravilno korišćen potrebno je da bude komforan [1]. Komfor se može manifes-

tovat na različite načine, od dovoljnog broja udobnih mesta za sedenje, do upravljanja prostorom i upotrebe elemenata koji podstiču njegovo korišćenje. Zaklon od sunca ili pristup osunčanoj površini je važan faktor u korišćenju otvorenog prostora. Zadovoljenje potrebe za hranom, pićem, skloništem od elementarnih nepogoda ili mestom za odmor povezano je sa potrebom izvestnog nivoa komfora. U nedostatku komfora teško je ispuniti druge potrebe korisnika, mada će ljudi nekada istrpeti i znatni nedostatak komfora kako bi se zabavili ili videli postavku muzeja zbog koje su namenski došli.

Različiti oblici pristupačnosti, uključujući fizičku i simboličku pristupačnost (dostupnost), osnovni su preduslovi komfora. Fizička pristupačnost se ogleda u blizini stanica javnog transporta, parking prostora za bicikle, vozila i vozila osoba sa hendikepom. Ovo uključuje i bezbednost i posebne potrebe dece, starijih osoba i lica sa invaliditetom.

Relaksacija. Istraživanja sprovedena u otvorenim prostorima pokazuju da ih korisnici često posećuju radi relaksacije. Psihički komfor, odnosno opuštenost, doživljaj je koji korisnici očekuju tokom boravka u otvorenom prostoru. Ovo se može postići uključenjem vodenih i zelenih površina koje imaju okrepljujući efekat, kao što je slučaj sa Morikami muzejem i japanskim vrtovima, kao i primenom biljnih vrsti koje pozitivno utiču na psihičku posmatrača. Istraživanja su pokazala da lekovito dejstvo prirodnog okruženja i oblikovanih pejzaža često potiče od podsvesnog (uobraženog) ili stvarnog opuštajućeg efekta koji ovi prostori imaju na korisnike [2]. Rezultat može biti blagotvorno dejstvo na psiho-fizičko zdravlje, poput redukcije stresa i sniženja krvnog pritiska, što potvrđuje i studija sprovedena u muzeju „Isabella Stewart Gardner“, na osnovu čijih rezultata su uređeni „Monk’s“ vrt i atrijum muzeja [3].

Pasivno učešće. Pasivno korišćenje prostora uključuje kontakt sa okruženjem, ali bez aktivnog delovanja [1]. Većina korisnika na ovaj način upotrebljava otvoreni prostor. Pasivne aktivnosti mogu biti sedenje, čitanje, posmatranje ljudi, sanjarenje, spavanje, osama, meditacija ili prosto mentalno isključenje iz okolnog prostora („odlutati“ mislima). Učešće može biti i indirektno, posmatranje a ne izvršenje neke aktivnosti ili kontakta sa drugim osobama. Dovodi do opuštanja korisnika i zadovoljstva koje potiče od posmatranja određene scene. Kulturni program i organizovane aktivnosti u prostoru podstiču pasivno učešće korisnika prostora, kao posmatrača, što je slučaj sa Muzejem afričke umetnosti u Beogradu, gde posetioци imaju priliku da učestvuju u bazarima i kulturnom programu.

Aktivno učešće. Ova kategorija korisničkih potreba predstavlja fizičko uključivanje korisnika i interakciju sa okolnim prostorom. Otvoreni prostor tradicionalno pruža okvir za ostvarenje ovih potreba budući da se različite sportske i fizičke aktivnosti najčešće odvijaju u njemu [4]. Drugi oblici aktivnog učešća u prostoru uključuju šetnju i baštovanstvo. Potreba za uzgajanjem biljaka podstakla je stvaranje novih tipova otvorenog prostora, kao što su zajedničke bašte i ozelenjeni prostori. Ovi prostori korisnicima pružaju mogućnosti da aktivno učestvuju u održavanju bašte i uzgajanju bilja, aktivnosti koja se ponavlja i traje u kontinuitetu. Ovakav tip aktivnog učešća se sreće na primeru Muzeja lepих umetnosti u Virdžiniji, gde volonteri i osoblje muzeja zajedno održavaju muzejske vrtove.

Otkrivanje prostora. Prostor se može otkrivati na više načina, od posmatranja spomenika, skulptura i drugih oblika vizuelne umetnosti u prostoru do njegovog istraživanja i nailaženja na neočekivana mesta. Otvoreni prostor pruža brojne prilike za istraživačko učenje i obrazovne aktivnosti. Razvoj i unapređenje prirodnih zelenih površina i školske bašte samo su neki od načina na koje se povećana svest o okruženju može iskoristiti u svrhu učenja. U spomen-parku „Kragujevački oktobar“, koji se prostire na 342 Ha, korisnici imaju priliku da, osim postavke muzeja i učenja o istoriji, istražuju park muzeja koji sadrži i botaničku baštu.

Zabava. Važna ali često zanemarivana korisnička potreba je želja za zabavom i uzbuđenjem u otvorenom prostoru. Osnivači tematskih i zabavnih parkova, kao što su akva-parkovi ili „Diznilend“, shvataju i pothranjuju ovu potrebu korisnika, u kontrolisanom prirodnom okruženju. Ipak, ovakvi parkovi su najčešće u privatnom vlasništvu i nisu u potpunosti inkluzivni i dostupni svim socijalnim grupama, jer se njihovo korišćenje naplaćuje. Sadržaj tematskih parkova podržava i prethodne kategorije: komfor, relaksaciju, pasivno i aktivno učešće, ali su zabava i njeni različiti aspekti, kao što su avantura, misterija, rizik i izazov, koji su inače važan sastojak dobrih otvorenih prostora, ovde maksimalno potencirani i eksploatisani. Primer javnih otvorenih prostora koji ispunjavaju potrebu korisnika za rizikom i izazovom su avanturistička igrališta i skejtbord parkovi. U dvorištima nekih muzeja mogu se naći ringišpili i tramboline, čija je jedina svrha da zabave korisnike, a na ovaj način korisnici su animirani dok čekaju da posete izložbu ili odmaraju.

Sigurnost i bezbednost. Jedan od važnih uslova da bi se korisnik osećao prijatno u nekom prostoru je osećaj sigurnosti i bezbednosti. Strah od kriminala i nasilništva, posebno nad ženama, može dovesti do odsustva korisnika pro-

stora. Iako često postoji razlika između stvarnog i doživljenog nivoa opasnosti i kriminalnih aktivnosti u javnim otvorenim prostorima, strah dovodi do izbegavanja pojedinih prostora – čak i lepo dizajniranih i atraktivnih. Dvorišta muzeja su često pod video nadzorom i pružaju visok stepen sigurnosti.

Konflikti između korisničkih grupa. Konflikti koji se javljaju između različitih tipova korisnika su uobičajeni i teško ih je kontrolisati. Primer ovakvih konflikata su: konflikt između ljudi koji šetaju pse i ostalih korisnika parka, majki sa decom i vozača, skejtera i ostalih korisnika parka. Konflikti mogu poteći od prisustva takozvanih „nepoželjnih“ ili beskućnika, u slučaju gde dvorišta muzeja imaju svrhu parka. Ovakvi konflikti se često mogu rešiti dobrom organizacijom i upravljanjem prostorom, i oblikovanjem preglednog prostora. Na primer, povećana inkluzivnost prostora i povećanje broja korisnika je jedan od načina za intenziviranje upotrebe otvorenih prostora i smanjenje konflikata.

Polni konflikti. Žene imaju jasnije izražene potrebe u vezi sa otvorenim prostorom od muškaraca, one osećaju nelagodnost prilikom korišćenja pojedinih otvorenih prostora, ako deluju nebezbedno i zastrašujuće. Potreba za bezbednošću, sigurnošću i komforom je izraženija kod žena, pa je treba uzeti u obzir pri projektovanju otvorenih prostora namenjenih njima. Pijace, dečija igrališta, parkovi ispred kancelarija, gde se provode pauze za ručak, parkovi u kojima se vežba. Na primeru Muzeja lepих umetnosti u Virdžiniji može se videti koncept koji je u skladu sa potrebom za pojačanom bezbednošću i komforom – dvorište muzeja je prilagođeno za vežbanje joge, boravak roditelja sa decom, izlete, vožnju bicikla, i druge aktivnosti.

Zloupotreba prostora. Većina konflikata u otvorenim prostorima potiče od zloupotrebe prostora, tipičan primer predstavlja vandalizam i dominacija jedne grupe korisnika nad ostalima. Gradska preduzeća koja se bave uređenjem i održavanjem otvorenih prostora izložena su povećanim troškovima usled vandalizma i zloupotrebe prostora [5]. Problem vandalizma pojavio se u spomen-parku „Kragujevački oktobar“, gde je spomenik „Večni plamen slobode“, zbog materijala od kog je izrađen, u kratkom vremenskom periodu više puta bio meta krađa. Kvalitetno oblikovanje prostora i organizacija aktivnosti koje se odvijaju unutar tih prostora izdvojeni su kao najefektniji način za uspešno izbegavanje zloupotrebe gradskih otvorenih prostora [1].

Dostupnost. Muzeji i dvorišta koja njima pripadaju, iako po nameni javni prostori, mogu biti u privatnom vlasništvu kolekcionara ili u vlasništvu države/javne institucije. Ulaz u zgradu muzeja se najčešće naplaćuje ali njihova dvorišta mogu biti dostupna javnosti a boravak u njima bespatan. U zavisnosti od politike muzeja dvorište može biti ograđeno, sa kontrolisanim ulazom, ili dostupno svim korisničkim grupama - tako da u njima mogu da se okupljaju korisnici različitih rasa, religija, generacija, pola i socijalnog statusa.

3. PRIMERI ORGANIZACIJE DVORIŠTA DOMAĆIH I STRANIH MUZEJA

Kod muzeja sa različitih podneblja uočene su kulturološke razlike u korišćenju dvorišnih prostora. Dvorišta američkih muzeja pored osnovne namene, izložbenog prostora na otvorenom, često imaju i namenu parka u kome posetioци provode slobodno vreme baveći se raznovrsnim

aktivnostima – vežbaju, šetaju ljubimce, voze bicikle, proslavljaju praznike i organizuju privatne proslave dok su vrste aktivnosti direktno uslovljene veličinom i organizacijom dvorišnog prostora. U Evropi su dvorišta muzeja koncipirana prvenstveno kao prostor za izložbe i mesta na kojima posetioци čekaju na ulazak u muzej ili odmaraju u pauzama razgledanja pa je manje neformalnih aktivnosti kojima posetioци mogu da se zabave. Kod dvorišta muzeja u Srbiji, samo u malom broju slučajeva je organizaciono rešenje i uređenje dvorišta funkcionalno i koristi se na predviđeni način. Najveći broj muzeja ima dvorišta koja ne prate tematiku muzeja i ne nude aktivnosti koje mogu okupirati pažnju posetilaca. Često dvorišta muzeja nemaju čak ni adekvatnu urbanu opremu, prostore za sedenje ili osvetljenje, i održavanje higijene je neodgovarajuće za javne ustanove edukativnog karaktera.

Muzej lepih umetnosti u Virdžiniji. Dvorište je atriumski prostor unutar muzejskog kompleksa. Na ulazu je parking prostor, sa odvojenim parkingom za lica sa invaliditetom koja uz pomoć rampi imaju pristup svim površinama dvorišta. Dvorište je dostupno svima, a ulaz se ne naplaćuje. Upotreba parking prostora se naplaćuje. Dvorište je opremljeno mobilnom urbanom opremom i korisnici je mogu pomerati u skladu sa željenim aktivnostima. Neke od aktivnosti kojima posetioци mogu da se zabave su vožnja bicikla ili praktikovanja joge a ponuđena je usluga organizovanja privatnih proslava.

Muzej „Isabella Stewart Gardner“. Ima dva odvojena vrta, atrium unutar zgrade i „Monk’s garden“, koji se nalazi na otvorenom. Licima sa invaliditetom je omogućen pristup svim delovima muzejskog kompleksa, a postoje i parking mesta rezervisana za njih. Muzej ne poseduje sopstveni parking ali je stanica javnog transporta nedaleko od ulaza. Vrtovi su ograđeni sa svih strana. Vrt je opremljen mobilnom urbanom opremom ali i postavkama biljaka koje se redovno smenjuju. Biljke u atrijumu se menjaju 8 puta u toku godine. Površina „Monk’s garden“ je ispresecana krivudavim stazama, i sadrži mnoštvo kutaka sa potencijalom za osamu. Organizovane su brojne aktivnosti i druženja za posetioce u atrijumu, kao što su „Komšijsko veće“, koncerti klasične muzike i nastupi di-džejeva. U dvorištu je zabranjeno pušenje, korišćenje mobilnih telefona i unošenje hrane. Ove stavke ne moraju nužno biti negativne jer se takvim pristupom podiže svest korisnika zdravom životu, interakciji sa drugim korisnicima i podstiče pešačenje. Glavna nepogodnost za korisnike je zabrana uvođenja kućnih ljubimaca.

Gradski muzej u Drezdenu. Vrt ovog muzeja se nalazi ispred glavnog ulaza u zgradu i ima specifičnu organizaciju, ortogonalnu mrežu pešačkih staza. U kvadratnim sekcijama između staza zasađena su stabla trešanja i mirisno začinsko bilje. Iako se nalazi u prometnoj ulici, vrt je denivelisan u odnosu na nju, i formiran je relativno tih prostor kao kontrast buci i saobraćajnoj gužvi na ulici koja ga tangira. Dvorište je dostupno svima, ulaz se ne naplaćuje, uvođenje ljubimaca nije dozvoljeno. Postoji i kafić u vrtu. Oprema nije mobilna sem u kafiću pa ukoliko korisnici žele da budu pod suncem ili da se sklone od njega uslovljeni su da koriste usluge kafića. Muzej ne poseduje sopstveni parking ali su stanice javnog transporta u blizini.

Muzej Morikami i japanski vrtovi. Posed muzeja zauzima prostranu površinu koja obuhvata jezero i šesnaest te-

matski različitih bašti. Veliki muzejski parking nalazi se pored ulaza, sa mestima za lica sa posebnim potrebama, kojima je omogućen pristup celom muzejskom kompleksu. U vrtu je više vodenih površina koje zajedno čine jezero sa brojnim kaskadama i vodopadima, u vodi se mogu videti koi šarani, a oko vode kornjače, čaplje, iguane i dr. životnje, što je interesantno i neočekivano za posetioce, posebno za decu. Muzej u toku godine organizuje proslave različitih praznika i na taj način pruža priliku posetiocima za neposredno upoznavanje japanske kulture. Osim ovih manifestacija, organizovane su i aktivnosti za celu porodicu, sa istim ciljem. Zbog koncepta muzeja i brojnih bašti nije dozvoljeno uvoditi životinje, osim ako su u pitanju servisne životinje. Oprema za sedenje je fiksirana na strateški određenim mestima sa kojih se pružaju vizure ka najatraktivnijim delovima poseda.

Muzej „Nemo“. Terasa muzeja nalazi se na krovu zgrade, cela površina je u nagibu i formirana od betonskih kaskada i fontana koje se spuštaju niz kaskade. Jedinstven i funkcionalni dizajn uslovlili su da ovaj krov bude vrlo posećen. Pogodna je za relaksaciju i opuštanje a leti kada su bazeni u funkciji predstavljaju atrakciju za najmlađe posetioce. Opremljena je mobilnim metalnim stolicama i stolovima sa klupama. Specifični koncept nije ostavio mnogo mesta za zelene površine, bilje se nalazi u žardinjerama i saksijama. Do terase se dolazi stepeništem ili liftom, licima sa invaliditetom je dostupan, ali im je kretanje otežano zbog brojnih kaskada. Nije dozvoljeno uvođenje životinja. Korišćenje terase zavisi od vremenskih uslova, kada pada kiša/sneg terasa ne radi.



Slika 1. Joga u dvorištu muzeja.



Slika 2. Deca se igraju u kaskadnim vodenim površinama na krovu Nemo muzeja.

Muzej „Kuća Bore Stankovića“. Ovaj memorijalni muzej se nalazi u ulici koja nije prometna, pa je u dvorištu tiho, uz to je ograđeno sa svih strana što ga čini bezbednim. Uređenje dvorišta je u skladu sa temom muzeja, autentična kaldrma, ćilimi, tronošci i atmosfera, doprinose utisku da je vreme u vrtu stalo i vraća posetioce u 19. vek. Muzej ne poseduje sopstveni parking, ni rampe pa je korisnicima sa invaliditetom kretanje otežano. Nije dozvoljeno uvoditi ljubimce u dvorište. Zbog nivoa bezbednosti i sigurnosti koju pruža, kao i autentičnih prostornih elemenata koji se nalaze u dvorištu, ono je pogodno za edukativne aktivnosti u koje su uključene najmlađe generacije.

Muzej istorije Jugoslavije. U muzejskom kompleksu se nalazi i park koji zauzima površinu od 3,2 Ha. U parku osim pešačkog postoji i motorni saobraćaj, što donekle olakšava kretanje osobama sa invaliditetom, obzirom da ima više stepeništa i denivelacija bez rampi. Park se nalazi u mirnom delu grada, udaljen je od prometnih ulica pa je unutar njega tiho. Iako nije ograđen, park je osvetljen i bezbedan. Ovo je jedan od retkih primera u Srbiji gde se životinje mogu dovesti u dvorište muzeja. Korisnici mogu besplatno razgledati dvorište i uživati u postavci skulptura na otvorenom. U

toku godine se više puta organizuju kulturne manifestacije i izložbe na platou ispred muzeja „25. maj“. Muzej ne poseduje parking ali stanice javnog gradskog prevoza su u blizini. Oprema za sedenje je fiksirana, ali je postavljena na više mesta u parku. Unapređenje prostora je moguće u vidu uvođenja mobilne urbane opreme kako bi posetioci sami birali mesto za osamu koje je u skladu sa svojim potrebama.

Muzej vazduhoplovstva. Nalazi se u neposrednoj blizini aerodroma a dvorište muzeja i plato oko zgrade obiluju izloženim letelicama pa se uz miris kerozina i zvukove motora aviona zaokružuje tematska celina i pojačava utisak koji eksponati ostavljaju na posetioce. Boravak u dvorištu muzeja se ne naplaćuje pa je dostupno svim socijalnim grupama. Iako je osvetljeno, noćne posete se ne izvode. Postoji samo jedna pešačka staza pa na pojedinim mestima korisnici moraju da prođu kroz travu kako bi pogledali eksponate, što može predstavljati problem osobama sa invaliditetom. Dvorište je koncipirano tako da u njemu nema mesta za osamu, a zelenilo je prisutno u vidu preostranih travnatih površina i sporadičnog drveća. Najveći nedostatak ovog dvorišta je nedostatak opreme za sedenje, da bi korisnici mogli tokom razgledanja da se odmire, i neprilagođenost prostora slabo pokretnim osobama.

Muzej afričke umetnosti. Muzej poseduje sopstveni parking, ulica u kojoj se nalazi nije prometna pa je u dvorištu tiho. Dvorište od ulice i okolnih poseda deli ograda - opasnost da deca prilikom boravka i igre u dvorištu istrče na ulicu svedena je na minimum, pa se može smatrati bezbednim. Urbanu opremu čine masivni drveni stolovi sa klupama, a po potrebi se iznose plastične i metalne mobilne stolice i stolovi. Muzej u dvorištu organizuje mnoštvo aktivnosti za posetioce, kulturne manifestacije, bazare, festivale i raznovrsne radionice za celu porodicu. Predstavlja jedan od najboljih rešenja u Srbiji sa aspekta aktivnosti i edukativnih aktivnosti za korisnike. Dvorištu nedostaju rampe i pomagala za osobe sa invaliditetom - postoji samo jedna betonirana pešačka staza koja okružuje zgradu muzeja jer je predviđeno da se posetioci kreću po travnatim površinama. Trebalo bi dodati pešačke staze i rampe kako bi se slabo pokretnima omogućio pristup svim delovima dvorišta.

Spomen-park „Kragujevački oktobar“. Ovaj muzejski kompleks zauzima prostranu površinu i stoga ima specifično uređenje. Više parking prostora locirano je po obodu kompleksa i na svakom postoje mesta za lica sa invaliditetom. Širom grada posetioci mogu naići na putokaze do parka. Urbana oprema u dvorišnom kompleksu nije mobilna ali je postavljena na kratkim rastojanjima pa posetioci lako mogu naći mesto za odmor. Pojedini delovi kompleksa su mesta sa visokim nivoom privatnosti na kojima se korisnici mogu potpuno osamiti. U sklopu parka nalazi se i botanička bašta, kao i stalna postavka na otvorenom. Dozvoljeno je uvođenje i šetanje ljubimaca. Umetnički performansi, kulturne i edukativne aktivnosti se redovno organizuju u ovom prostoru. Kuriozitet ovog kompleksa su privatne kuće koje se u njemu nalaze, od kojih su neke postojale pre izgradnje kompleksa a pojedine su naknadno izgrađene, tako da ovo nije problem samo muzeja već grada.

4. ZAKLJUČAK

Prepoznata je kao važna potreba posetilaca muzeja i korisnika njihovih dvorišta za organizovanjem speci-

jalizovanih programa i aktivnosti namenjenih deci ali i celoj porodici. Takvi programi doprinose povoljnom razvoju dece i mladih, motivišu njihovu radoznalost i na jedinstven i kvalitetan način prenose znanja najmlađima. Nažalost, ova potreba je često zanemarena od strane uprave muzeja, pa tako mali broj muzeja u okviru aktivnosti koje organizuju imaju programe namenjene dec i porodičnim aktivnostima. Od muzeja obrađenih u ovom radu, samo četiri muzeja imaju adekvatne programe ovog tipa.

Muzej lepih umetnosti u Virdžiniji ima organizovano crtanje, pevanje, istraživanje, oslikavanje predmeta i vajanje, kao aktivnosti namenjene prvenstveno deci ali i celoj porodici. U muzeju Morikami i japanski vrtovi, za decu se organizuju haiku, origami i čajne radionice. Nešto ozbiljnije aktivnosti naučnog karaktera namenjene deci mogu se naći u holandskom muzeju „Nemo“. Međutim, potrebe dece u domaćim muzejima uslišene su jedino u Muzeju afričke umetnosti gde je za mlađe uzraste organizovano crtanje, slikanje i izrada predmeta od recikliranih materijala, dok su tinejdžerima namenjene radionice o bodi artu, dizajniranju materijala, tradicionalnim kostimima i nakitu.

Osim aktivnosti za decu, domaći muzeji bi trebalo da se ugledaju na svetske i što se tiče drugih aspekata. U okviru memorijalnog kompleksa spomen parka „Kragujevački oktobar“ već postoje staze za trčanje na kojima posetioci mogu voziti i bicikle, mogu se organizovati obilasci muzejskog kompleksa na bicikluma poput obilazaka u muzejima kao što su Luvr, Versaj i Muzej lepih umetnosti u Virdžiniji, koji spajaju rekreaciju i umetnost. U većini dvorišta domaćih muzeja ne postoji pokretan mobilijar ili, ukoliko postoji, nije dozvoljeno premeštanje stolica i klupa, nasuprot dobrim primerima iz dvorišta stranih muzeja. Na dvorište muzeja ne treba gledati kao na prostor sa statičnom postavkom, povećanjem potencijala dvorišnog prostora ono se može koristiti za celodnevne porodične aktivnosti, ili periodične rekreativne aktivnosti i relaksaciju, i postati deo svakodnevnog života ljudi koji žive u njegovoj blizini ili posećuju muzej čiji je ono deo.

LITERATURA

- [1] S. Carr, M. Francis, L. G. Rivlin, A. M. Stone, *Public Space*, Cambridge University Press: 1993.
- [2] C. Cooper Marcus, M. Barnes, *Healing gardens: therapeutic benefits and design recommendations*, New York: Wiley, 1999.
- [3] A. Peković, *Uređenje dvorišnih prostora muzeja*, Završni rad, VTŠ Niš, Niš, 2016.
- [4] G. Cranz, *The Politics of Park Design: A History of Urban Parks in America*, MIT Press, 1982.
- [5] C. Cooper Marcus, C. Francis, *People places: design guidelines for urban open space*, New York: Van Nostrand Reinhold, 1998.
- [6] C. Karadeniza, “Children’s museums and necessity for children’s museums in Turkey”, pages: 600 – 608, Bilimler Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara, 2010.
- [7] T. Hiss, *The experience of place*, New York: Knopf, 1990.

PRIMENA PAKETA *STATISTICA* U KONTROLI KVALITETA PROJEKTA "WAMPPP"

APPLICATION OF THE PACKAGE *STATISTICA* IN QUALITY ASSURANCE OF THE "WAMPPP" PROJECT

Milica Cvetković, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Dejan Blagojević, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Aleksandra Boričić, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U ovom radu biće istaknut značaj primene paketa *STATISTICA* kao mehanizma za kontrolu kvaliteta projekta "WamPPP" i izveštavanja o aktivnostima prema predviđenom planu, kao i za sprovođenje interne i eksterne analize rezultata projekta obrađivanjem podataka dobijenih anonimnim anketranjima učesnika projekta.

Ključne reči: "WamPPP" projekat. Paket *STATISTICA*.

Abstract - In this paper we should point out importance of *STATISTICA* package's application as the quality control mechanism of the WamPPP project, as well as useful tool in reporting of activities according to plan. It can be used in conducting internal and external analysis of project's results by data processing of anonymous questionnaires of project's participants.

Key words: "WamPPP" project. Package *STATISTICA*.

1. UVOD

Kao koordinator projekta "WamPPP" (Waste management curricula development in partnership with public and private sector, 561821-EPP-1-2015-EPPKA2-CBHE-JP), iz oblasti upravljanja otpadom, koji se finansira od strane Evropske unije, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Nišu prinuđena je da za sve aktivnosti i radne pakete predviđene projektom izvrši kontrolu kvaliteta. To podrazumeva da mora da razvije i usvoji mehanizme za kontrolu kvaliteta projekta i izveštavanja o aktivnostima projekta prema predviđenom planu, da sprovodi interne i eksterne analize rezultata projekta, da vrši podučavanje unutar projekta, kao i da daje analizu ocena održanih kurseva od strane studenata i pripravnika kompanija.

Kao jedan od glavnih mehanizama za kontrolu kvaliteta svakako je primena statističke analize uz korišćenje programskog paketa *STATISTICA*. Kompanija "StatSoft" napravila je programski paket *STATISTICA* koji predstavlja kompletan programski paket za statističko-grafičku obradu podataka sa izuzetno velikim brojem osnovnih i naprednih statističko-matematičko-grafičkih analiza (u radu [1]). *STATISTICA* ima velike mogućnosti manipulacije sa podacima, a njene grafičke mogućnosti prevazilaze sve ostale programske pakete tog tipa.

Neke od primena statističke analize i obrade podataka korišćenjem programskog paketa *STATISTICA* prikazane su u radovima [2], [3] i [4]. Deo primena, vezan za obradu anketa i evaluaciju aktivnosti projekta "WamPPP", tačnije, za kvalitet studijskih poseta i radnih sastanaka, prikazan je u ovom radu.

2. ANALIZA STUDIJSKIH POSETA U 2016. GODINI

U okviru "WamPPP" projekta, pored uvodnog sastanka, koji je održan decembra 2015. godine u organizaciji Visoke tehničke škole strukovnih studija u Nišu, u prisustvu svih partnera projekta:

- **P1:** College of Applied Technical Sciences Niš, VTŠ NIŠ
- **P2:** College of Applied Technical Sciences Novi Sad, VTŠ NS
- **P3:** College of Applied Technical Sciences Aranđelovac, CATAR
- **P4:** College of Applied Electrical and Computer Engineering, VIŠER
- **P5:** College of Vocational Studies - Belgrade Polytechnic, POLYBG
- **P6:** Technical University of Crete – TUC
- **P7:** „St. Kliment Ohridski” University Bitola – UKLO
- **P8:** Faculty of Mechanical Engineering, University of Maribor - FS UM
- **P9:** Technical University of Ostrava – VSB TUO
- **P10:** Alexander Technological Education Institute of Thessaloniki
- **P11:** Jugo-Impex EER d.o.o – EER
- **P12:** PWW d.o.o Niš – PWW
- **P13:** Public Health Institute Niš – PHI,

održane su tokom 2016. godine još 4 studijske posete: u Solunu, Mariboru, Bitolju i na Kritu, i jedna monitoring poseta u Nišu.

Kvalitet svakog sastanka (posete) ocenjivan je pomoću anonimne ankete koja je popunjavana od strane učesnika projekta. U okviru iste ankete, učesnici projekta mogli su u slobodnoj formi da daju komentare, kao povratne informacije o kvalitetu sastanka, koji su uzimani u obzir prilikom organizovanja sledećih događaja.

Ankete pokrivaju 4 glavne oblasti:

1. Opšta organizacija sastanka,
2. Kvalitet sastanka,
3. Opšta saradnja,
4. Opšti uspeh sastanka.

Ankete su popunjavane:

- 1) Uvodni sastanak (15. dec. 2015.) - 33 učesnika;
- 2) I studijska poseta (16. mart 2016.) - 25 učesnika;
- 3) II studijska poseta (8. apr. 2016.) - 22 učesnika;
- 4) Monitoring poseta (24. maj 2016.) - 26 učesnika;
- 5) III studijska poseta (27. maj 2016.) - 25 učesnika;
- 6) IV studijska poseta (15. sep. 2016.) - 24 učesnika.

Učesnici su pitanja u anketi ocenjivali ocenama od 1 (loše) do 5 (odlično), i u svakoj od četiri oblasti mogli da ostavljaju komentare.

Prosečna ocena upitnika svakog sastanka bila je odlična:

- 1) Uvodni sastanak ocenjen je sa **4,87**;
- 2) I studijska poseta ocenjena je sa **4,70**;
- 3) II studijska poseta ocenjena je sa **4,87**;
- 4) Monitoring poseta ocenjena je sa **4,86**;
- 5) III studijska poseta ocenjena je sa **4,90**;
- 6) IV studijska poseta ocenjena je sa **4,58**.

To govori da su svi sastanci (studijske posete) bili uspešni. Ako se gleda samo prosečna ocena celokupnog upitnika, najuspešnija je bila treća studijska poseta u Bitolji.

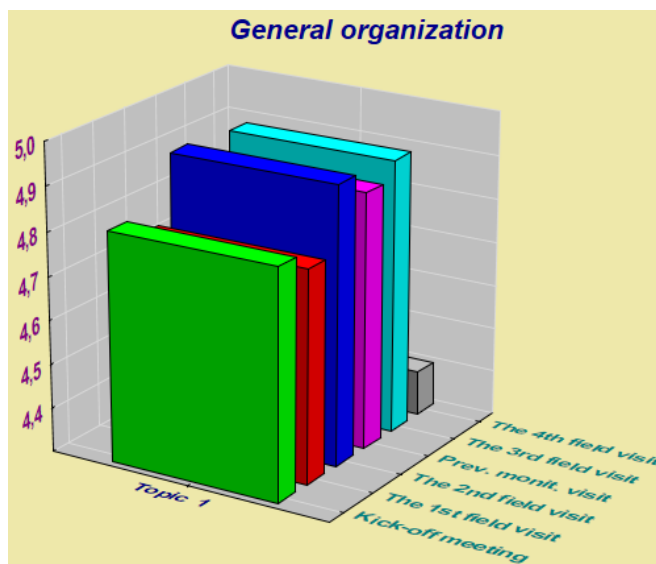
2.1. Analiza opšte organizacije sastanka

Prva oblast odnosi se na opštu organizaciju sastanka. Obuhvata 4 pitanja koja se odnose na logističku pripremu i organizaciju, sadržaj dnevnog reda, na organizaciju samog sastanka (dolazak, oprema,..), svečanu večeru i dnevnicu.

Ova oblast je imala veoma visoke ocene na svakom od sastanaka. Najviše ocene, za sadržaj dnevnog reda i logističku pripremu i organizaciju, dokazuju da su svi sastanci bili dobro pripremljeni i organizovani.

Najvišu ocenu u ovoj oblasti dobila je druga studijska poseta u Mariboru (4,93) a skoro isti rezultat i treća poseta u Bitolji (4,92), (sl. 1.).

Najslabije ocenjena prva oblast je u toku poslednje studijske posete na Kritu (4,40). To ukazuje da treba obratiti pažnju i preduzeti mere prilikom organizovanja sledećih sastanaka.

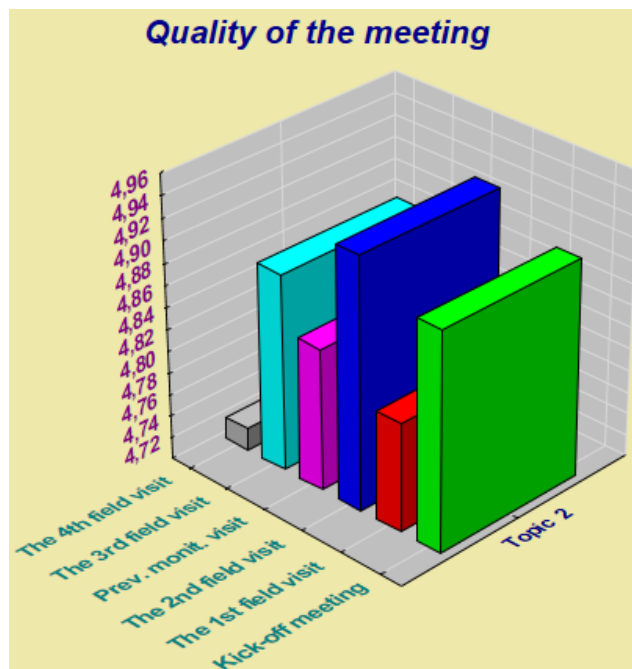


Slika 1. Oblast 1: Opšta organizacija sastanka.

2.2. Analiza kvaliteta sastanka

Druga oblast obuhvata glavni cilj sastanka. Ona se odnosi na kvalitet prezentacija, predstavljanje svih partnera, pregled projektnih aktivnosti, posete laboratorijama, reciklažnim centrima, centrima za upravljanje otpadom, i sl.

Kao dokaz da su svi sastanci bili uspešni je i činjenica da je ovo najbolje ocenjena od sve 4 oblasti, (sl. 2.). Najbolja rangiranost je odraz odličnih sastanaka i dobar znak kvalitetne saradnje među partnerima.



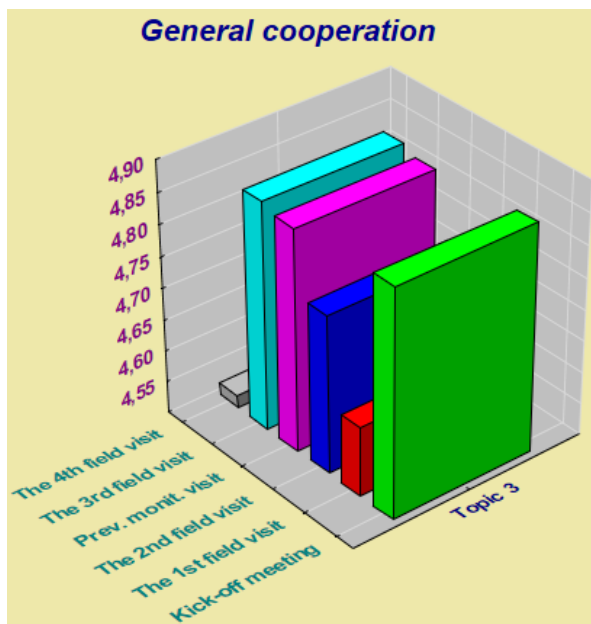
Slika 2. Oblast 2: Kvalitet sastanka.

2.3. Analiza opšte saradnje

Treća oblast obuhvata: trajanje i dnevni red sastanka, kvalitet projektnog materijala, saradnje i komunikacije među učesnicima i sl.

Kvalitet projektnog materijala na uvodnom sastanku imao je najvišu ocenu u ovoj oblasti (4,94), dok je na svim ostalim bio najniže rangiran. Naročito u toku poslednje studijske posete na Kritu (4,13) i to predstavlja najnižu ocenu u svim anketama od početka projekta. To ukazuje na trenutno "slabu tačku" na sastancima projekta, koja mora biti poboljšana.

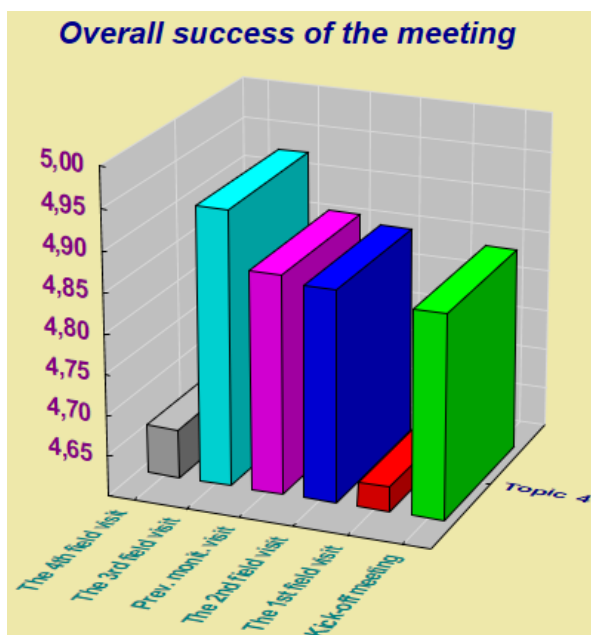
Ipak, trajanje i dnevni red poseta, saradnja i komunikacija između učesnika i mogućnost dobijanja informacija o stanju oprema, glavni ciljevi studijskih poseta, procenjeni su sa veoma visokim ocenama, a ova oblast je bila odlična u celini, (sl. 3.).



Slika 3. Oblast 3: Opšta saradnja.

2.4. Analiza opšteg uspeha sastanka

Četvrta oblast obuhvata ishode sastanka i postizanje projektnih ciljeva, prednosti i doprinose, projektne diskusije, zadavanje novih zadataka.



Slika 4. Oblast 4: Opšti uspeh sastanka.

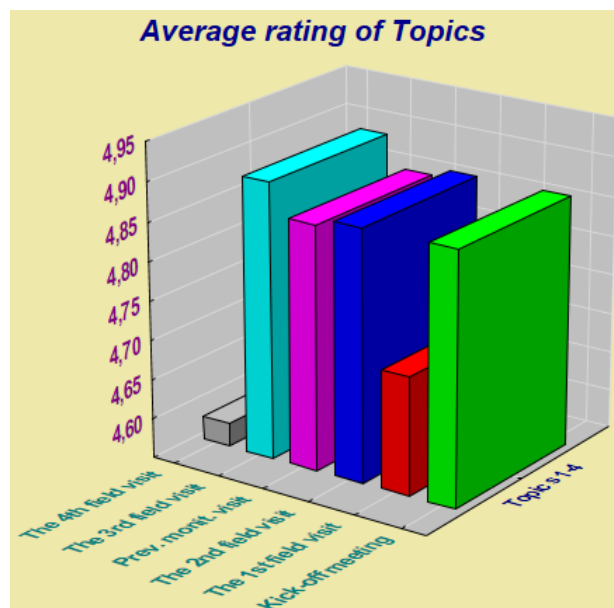
Sušтина ove oblasti: ostvarenje ciljeva sastanka i projektnih zadataka, imala je skoro najviše ocene na svim sastancima.

Visoko ocenjeni prednosti i doprinosi, kao i projektne diskusije, takođe predstavljaju znak dobre saradnje među partnerima i znak uspešne realizacije projekta (sl. 4.).

2.5. Prosečna ocena svih anketa

Kako je prosečna ocena anketa svakog sastanka odlična (sl. 5.), dolazi se do zaključka da su svi oni bili uspešni.

Najuspešnija je bila studijska poseta u Bitolju (4,90), a veoma približnih prosečnih ocena su i uvodni sastanak i poseta u Mariboru (4,87), kao i monitoring sastanak (4,86) i poseta Solunu (4,70). Najslabije je generalno ocenjena, ali i dalje odličnom ocenom, poseta Kritu (4,58).



Slika 5. Prosečna ocena svih anketa.

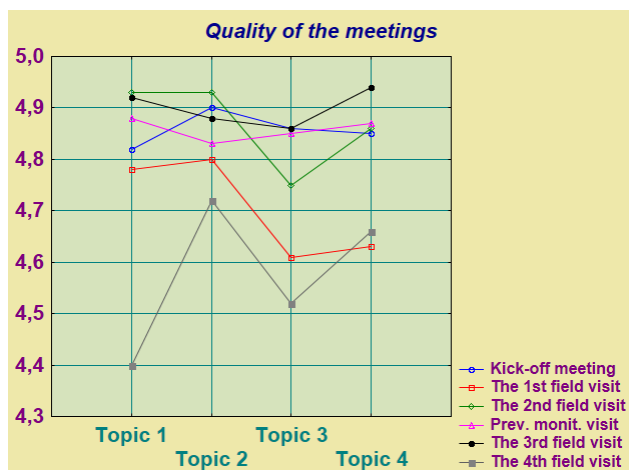
3. ZAKLJUČAK

Na sl. 6. prikazana je uspešnost svih sastanaka i studijskih poseta. Među njima su najuspešniji bili studijska poseta u Bitolji i uvodni sastanak u Nišu. Iako uvodni sastanak ima isti prosek kao studijska poseta u Mariboru, sl. 6. prikazuje njegovu konstantno dobru rangiranost na svim poljima (oblastima).

Konačna analiza svih anketa pokazuje veliku motivaciju i spremnost na saradnju svih projektnih partnera i visok nivo podrške i profesionalne stručnosti od strane koordinatora projekta. Veoma dobro ocenjene ankete dokaz su uspešnosti i ciljeva i ishoda svih sastanaka.

Sušтина svake uspešne analize je, pre svega, dobro postavljanje matematičkog modela, pravilno definisanje sistema i dobar izbor alata za obradu podataka.

U slučaju kontrole kvaliteta projekta, odnosno, ocene sastanaka i studijskih poseta, krenuli smo od jasno definisanih ključnih pitanja u anketi koja predstavljaju kostur u analizi kvaliteta, daju mogućnost detaljne analize uz pomoć određenih težinskih parametara, ali istovremeno i mogućnost uporedne analize između više različitih događaja.



Slika 6. Kvalitet sastanaka.

Pored toga veliki broj standardnih formata direktno je podržan preko interne konverzije. Tako je moguće koristiti podatke iz Excela, Lotusa Quatro-Pro, DBase, Paradox i drugih formata koje podržavaju ti programski paketi. Veličina datoteka s podacima za obradu gotovo je neograničena.

Grafičke mogućnosti paketa STATISTICA prevazilaze sve ostale programske pakete tog tipa. Tako je na raspolaganju veliki broj raznih tipova 2D, 3D, Bar, kolonskih, linijskih, površinskih i dr. grafičkih prikaza.

Kao izuzetno koristan alat za obradu podataka, izabrali smo programski paket STATISTICA, koja ima velike mogućnosti manipulacije sa podacima. Uneti podaci mogu se pretraživati, transformisati i menjati.

LITERATURA

- [1] T. Hill, P. Lewicki, "STATISTICS: Methods and Applications", StatSoft, Tulsa, OK, 2007.
- [2] M. Cvetković, A. Boričić, D. Blagojević, "Statistical analysis of injuries of health workers due to inadequate working conditions and work environment", *Proceedings of 10th International Conference on Risk and Safety Engineering*, pp. 305-313, 2015.
- [3] M. Cvetković, M. Spasić, "Statistical analysis of injuries of non-medical workers of clinical center of Niš", *Zbornik radova 2013*, VTŠ Niš, pp. 99-101, 2015.
- [4] M. Cvetković, M. Spasić, "Comparative analysis of injuries between medical and non-medical workers of clinical center in Niš", *Proceedings of 11th International Conference on Risk and Safety Engineering*, pp. 237-244, 2016.

ЕКОЛОШКА ЕТИКА ИНЖЕЊЕРСКИХ КАДРОВА ENVIRONMENTAL ETHICS OF ENGINEERING STAFF

Станиша Димитријевић, *Висока техничка школа, Александра Медведева 20, Ниш.*

Садржај - Апсурд је да и после сазнања и признања, колико је својим немарним односом довео планету Земљу у алармантно стање, човек и даље не тења свој однос према њој на одговарајући начин. Захтеви техничко-технолошких система данашње производње, у којима значајно место припада инжењерским кадровима, подразумевају другачије критеријуме, а веома значајан сегмент односи се на критеријуме еколошке етике.

Нови миленијум мора почети еколошком револуцијом, која има задатак да се супротстави досадашњим друштвеним моделима који су као циљ имали повећање своје моћи над природом. Коначно треба да почне, не само декларативно и селективно, него доследно и свеобухватно спашавање природе, а самим тим и људске популације са осталим биљним и животињским врстама на планети Земљи.

Кључне речи: Инжењерска етика, еколошка етика.

Abstract - It is absurd that after knowledge and recognition of how much the man brought the planet Earth in an alarming situation, due to his careless attitude, man still does not change its attitude toward her, appropriately. The requirements of technical and technological systems in production today, in which engineers play an important role, include different criteria and a very important part refers to the criteria of environmental ethics.

The new millennium must begin with ecological revolution, which has the task to oppose the current social models that have the objective of increasing its power over nature. Finally it should start, not only declarative and selective, but consistent and comprehensive rescue of nature, and therefore the human population with other plant and animal species on the planet Earth.

Key words: Engineering ethics, environmental ethics

1. УВОД

Земља није нуки посед људске врсте - Кант

Како би планета Земља данас изгледала, да се Санта Барбара "десила"¹ свету бар један век раније? Да ли би човек пре сто година озбиљније схватио последице до којих је довео његов неодговоран однос према Земљи, која је основни услов, не само његове појаве, него и његовог опстанка на њој? Можда је исправније питање: да ли би имао адекватнију реакцију услед сазнања да је већ до тада нанео толико "зла" Земљи, тачније самом себи?

Одговори на ова питања могу се само претпоставити. Али, имајући у виду досадашњи развој људског друштва и доста несхватљиво понашање људи, како међу њима самима, тако и према свему што им природа пружа, то није тешко закључити. И тада би било оних који би сами

себи дали за право да најмање учествују у "спашавању" опстанка Земље, иако су можда баш они "најзаслужнији" за стање у којем се Земља и људи на њој налазе.

Оно што је у свему томе најбитније - не треба се обазирати на њих и таква размишљања и понашања треба игнорисати. Свака земља треба да учини све према својим могућностима, можда је боље рећи, према њеним "заслугама", да бар не доприноси даљем урушавању еко-система Земље.

Глобална реакција целокупне људске цивилизације, свих институција, установа и појединаца, свакако је приоритет кога се морају сви придржавати.

Сходно наведеном, свака професија понаособ треба - боље рећи мора - активно да учествује у свему што бар може да успори "пропадање Земље" и неконтролисано трошење природних ресурса. Веома значајно место међу њима свакако припада инжењерским кадровима. Они у свом раду користе различите материјале и поступке којима се угрожава животна и радна средина. Због тога се ти материјали и начини њихове обраде морају базирати на принципима еколошке етике.

¹ У Санта Барбари - Калифорнија - САД, 1969. године дошло је до највећег цурења нафте у историји САД, када је неколико милиона галона сирове нафте исцурело у океан. Од тада је свет коначно схватио да је угроженост планете Земље достигла алармантну вредност и почело се размишљати о мерама њене заштите.

2. ПРОФЕСИОНАЛНА И ЕТИКА ИНЖЕЊЕРА

Ако пођемо од њене филозофске основе, да се етике базира на људском понашању које може бити исправно или погрешно, праведно или неправедно, онда професионалну етику можемо одредити као исправна или погрешна правила, норме и принципе деловања носиоца одређених професија у току радног процеса. Сходно томе, етика инжењера се базира на исправном или погрешном понашању инжењерских кадрова у току рада.

Инжењерска етика подразумева вредности којих се држе инжењери суочени с моралним питањима при решавању различитих техничких задатака. Те вредности спајају се с културним нормама, животним искуством и праксом, па стварају свест о одговорном деловању.[1] То је најкраће објашњење, али одражава суштину инжењерске и професионалне етике.

Етика инжењера, као грана примењене етике, у први план истиче професионалну и општу одговорност у оквиру инжењерства. Два главна дела етике инжењера су знање, тј. његова примена, као и успостављање општих моралних норми и врлина у инжењерству.[2] Централни појам - основа инжењерске етике - јесте одговорност. То значи да се етика инжењерских кадрова процењује на основу тога, колико су они одговорни у доследној примени свих тих норми и врлина. Оне, не само да карактеришу ову професију, већ јој дају високо место на социјалној лествици свих професија у друштву.

Врло је битно истаћи да се етичко понашање инжењера заснива, с једне стране, на њиховој личној одговорности, а са друге, зависи од њиховог професионалног приступа процесу рада. Велики удео таквог односа припада припреми за обављање професије инжењера и, њиховој едукацији стицањем одговарајућих знања у току школовања. Та едукација обухвата, не само област техничких и природних наука, него и друштвено-хуманистичких - чија сазнања су неопходна за њихово морално понашање према свим учесницима на послу.

Радни процес не чине само фабричке радионице, машине, алати - чине га и људи који у њима раде. Без обзира што техничко-технолошки развој све више ослобађа људе, посебно тешких физичких послова и смањује број потребних извршилаца, без њих радни процес не може бити комплетан. Етичко понашање инжењера обухвата одређене ставове, осећања, веровања, понашања - засноване на њиховом схватању вредности рада. Зато није занемарљив ни утицај њихове социјализације у оквиру породице, школе и осталих социјалних услова у којима се они школују и развијају. Посебно породица, јако много утиче у стицању радних навика и позитивном размишљању о раду.

Поред тога, етика инжењера се свакако огледа у одговорном и професионалном понашању према најближим сарадницима на послу и свих осталих учесника у организацији, као и према свима онима са којима сарађују ван свог предузећа - пословних партнера, клијената итд. Сви ти односи, у свом испољавању, подразумевају, боље рећи захтевају, примену одређених етичких принципа.

Међутим, ни мало није неважна њихова етика према техничкој страни процеса рада. Јако је значајан однос

према средствима и материјалима које користе. Примена техничког знања може бити употребљена у корист људи и читавог човечанства, али и на његову штету. Из тог разлога, итекако је значајан морални однос инжењера у радном процесу.

Због тога та страна етичког понашања инжењерских кадрова заслужује посебно место још у току њиховог оспособљавања за ову професију и свакако перманентну контролу од стране компетентних стручњака из тих области. Управо из тог разлога, поред технолошких стручњака, који прате обављање процеса рада, јако је значајно присуство и учешће и других професија битних за сагледавање људског фактора рада, на пример - психолога у контроли и настављању едукације етичке стране инжењера.

3. КОРЕНИ ЕКОЛОШКО-ЕТИЧКИХ РАЗМИШЉАЊА

Проширење поља етике, односно, настанак њене посебне гране, која ће се бавити заштитом Земље, јесте, не само производ једног времена и тренутне потребе, већ дубоко емоционални и интелектуални процес, усмерен за очување и дивљине и Земље саме, као посебног ентитета. Иако Земља није мислећи објекат, као што основни постулати етике захтевају за субјекта заштите, она има свој живот, своју старост и своје болести, као свако друго људско биће. Стога је покретање овакве етике и решавање питања начина и обима коришћења Земље и њених природних и скривених богатстава од изузетне важности за цео људски род.[3]

Еколошко-етичких схватања о животу и природи, која је тај живот омогућила и одржава га, као и сам појам "екологија"², датира још из 1866 године.[4] Али, имплементирање еколошких правила и принципа у однос човека према природи потичу с почетка прошлог века.

Наиме, 1915. године, немачки лекар Albert Schweitzer је образложио своју етику позивајући се на "страхопоштовање пред животом".[5] Према његовом схватању,, основа човековог односа према животу треба да се заснива на његовој одговорности према животу и према њему мора да се односи са најдубљим поштовањем и уважавањем. Али, он при томе не мисли само на живот људи, него свих живих бића на планети Земљи. Таква етика, како каже Schweitzer, налаже понашање које са страхопоштовањем приступа свему живоме и избегава све оно што живот презире или уништава.

Према тврдњама бројних теоретичара, инспирација за настанак ове гране етике је настала тек 1970. године, приликом обележавања првог Дана земље. Непосредни повод за установљавање међународног Дана Земље јесте значај очувања и заштите животне средине, каквом је познајемо, а који су први пут у другој половини двадесетог века промовисали двојица теоретичара, Lin Vajt и Aldo Leopold.

Lin Vajt је 1967 године објавио чланак под насловом „*The Hystorical Roots of our Ecological Crisis*“, у којем је осудио неприродан и изузетно лош третман природе и

² Реч "екологија" први пут употребио Е. Хекел (Е. Haeckel) у делу "Природна историја стварања" (Natural History of Creation 1866)

нашег животног окружења од стране људи. Aldo Leopold је свој чланак под насловом "The Land Ethic" посветио истраживању филозофских корена еколошке кризе.[3]

Међутим, човек је тек крајем двадесетог века, схватајући до каквих последица је довело његово немарно и неодговорно понашање према природи и чему води такав његов даљи однос, почео да размишља о предузимању одређених мера. Без обзира на то, залагање за исправнији однос према Земљи, углавном се сводио на указивања одважних научника и појединих медија - каква будућност чека људску цивилизацију, уколико хитно не промени начин и обим експлоатације природних ресурса Земље. Сем тога, светски моћници су онемогућавали информисање човечанства о реалном стању у коме се Земља налази. Они су такође спречавали стручну и научну јавност у публикувању радова из ове области чиме су онемогућавали формирање еко-етике.

Бројни теоретичари се ипак слажу да је дело Holmsa Rolstona III, *Is There an Ecological Ethics*, коначно поставило темеље еколошкој етици. Ако се екологија посматра као посебна наука створена на бази концепата и природних правила о томе како се човек треба понашати према природи која га окружује и како да исту разуме и уважава, онда управо та правила чине ову науку централном. Испитујући однос између науке и моралности, чији је производ еколошка етика, Rolston је дошао до закључка, да еколошка етика представља помирење два света правила-прескритивног и дескриптивног и да ни у једној другој области није оно доследније и боље изведено него управо у еколошкој етици.[3]

Упознавање шире јавности било је блокирано од стране оних који су те ресурсе бесомучно експлоатисали. Наравно, то су по правилу били најмоћнији и најразвијенији, који нису поштовали чак ни одлуке у циљу заустављања неадекватног односа према природи, које је доносила међународна заједница. Иако су и они учествовали у доношењу тих одлука, сами себе су изузимали од обавезе, на пример, смањења емисије штетних гасова или адекватног складиштења радиоактивног отпада.

У савременој литератури се сусрећу различита схватања о еко-етици. Данас је присутно разликовање између једне плитке (*shallow*) и једне дубоке (*deeft*) екологије. Циљ "плитке екологије", био би опште здравље и благостање. Највиша еколошка норма "дубоке екологије", била би очување виталних потреба целокупног живог. Постоје и мишљења да се може говорити о "класичним и модерним еко-етикама".[3]

Обично се у класичне еко-етике убрајају биоцентризам, патоцентризам и холизам, а у оквиру тих позиција јављају се њихове комбинације. Заступници модерне еко-етике желе у расправи о пропасти и спашавању еко-система да обухвате и политичко-правни оквир и утицај данашњице.

4. ЕКОЛОШКА ЕТИКА ИНЖЕЊЕРСКИХ КАДРОВА

Укључивање свих институција и целокупне популације, у заштити животне средине, подразумева одређену еколошку едукацију. Она не сме да се повери искључиво школским установама. Поред школе, породице, масовних медија и радна средина, као део "људског света", у коме

човек поврћује своје постојање, може битно да утиче на формирање еколошке свести.

Припадност радној средини води формирању нових ставова, мењању или учвршћењу постојећих. Поред тога, радна група, као средина у којој појединац проводи значајан део времена, негује осећање поверења. То погодује да се еколошки релевантни садржаји брзо преносе и на начин који одговара личности. Радна средина представља поље у коме се кроз пријатељски отворен дијалог могу размењивати информације, мењати уврежени ставови и подстицати пожељна понашања према радној околини.[6]

Дакле, животна околина човека и радна средина, као њен важан сегмент, налазе се у дијалектичком односу, јер радна средина настаје као резултат активног односа према природи, који се испољава преко рада, као процеса који омогућава размену материје између човека и природе. Стога, сваки приступ заштити човекове околине, који не би водио рачуна о дијалектичком јединству животне и радне средине, био би ненаучан. Друштвена акција заснована на неуважавању тог јединства дала би половичне резултате. Зато инжењерима као професији компетентној за успостављање најбољег курса на релацији човек-природа-друштво-техника, припада огромна одговорност.[6]

Након што се увидело да се инжењерски проблеми једном својом страном увек представљају и као морални, постало је јасно да је инжењер обавезан да стручној компетенцији потребној за решавање техничких проблема, придода и етичку припремљеност, тј. свест о егзистенцијално веома важним последицама његовог рада. Он као фармацеут, мора бити свестан контраиндикација и контрапродуктивних дејстава свог рада и својих производа. Мора бити свестан свог радног учинка и његове сврхе. Ова етичка обавеза ослобађа инжењера потенцијалног притиска управе предузећа за коју је императив искључиво материјална добит, чак и по цену озбиљног огушења о морал.[7] а наравно и о еколошка правила заштите радне, а тиме и животне средине.

Захтеви техничко-технолошких система данашње производње, подразумевају другачије критеријуме у односу на ону која је настајала и развијала се захваљујући почетним индустријским револуцијама. Ти критеријуми се односе, не само на разлике у материјалима који се данас користе, него на читав систем управљања, руковођења и извршавања производног процеса. Веома значајан сегмент, посебно данас, односи се на еколошке критеријуме присутне у данашњој производњи. С обзиром на све оно што смо рекли о досадашњој неодговорности човека према природи, а самим тим и према себи, он је морао да уведе себи нека правила и принципе којима би заштитио природу од које живи. Да би та еколошка правила - критеријуми, били у потпуности, а не селективно спроведени, потребно их је било имплементирати као нешто што ће он сматрати исправним и праведним - иманентним његовој људској природи *sui generis*. Другим речима, требало их је "морализовати". То је било могуће остварити уколико се у његове већ прихваћене норме понашања, које се базирају на принципима етике, инкорпорирају и принципи екологије. Наравно све ово важи за све области човековог деловања, па самим тим и за процес производње за који се припремају будући инжењери.

Без обзира да ли ће као инжењери радити на неком важном пројекту, у развоју или производњи, у неком тиму или самостално - фазе процеса рада у којима учествују, поред изузетног стручног знања, захтевају и њихово познавање еколошких стандарда. Они се тичу, не само материјала који ће бити употребљени за израду пројектованих производа, него и поступака њихове обраде, уградње, као и финалног производа. Такође, опрема на којој се изводи производни процес, мора испуњавати еколошке критеријуме. Ако је она стара и тешко је - скупо, заменити, постоје начини да се она бар прилагоди еколошким стандардима. (Замена појединих сегмената производног система, уградња разних филтера итд.) Свакако, има ту много ствари које не зависе од инжењера, али они морају бити упознати са еколошким принципима рада и доследно и одговорно их примењивати или указати претпостављенима шта би требало урадити или исправити.

Производња се одвија унутар строго контролисаних услова температуре, влаге, чистоће и ваздуха. Свако одступање, у било којем од наведених чинилаца управљања квалитетом, повлачи за собом низ анализа ризика према којима се одређује критичност одступања и дефинишу даље активности. Инжењери треба да буду свесни да свака активност производње мора бити у складу с правилима и принципима прописаним у сврху заштите животне средине. У томе инжењери свих струка имају јаку подршку у прихваћеним инжењерским етичким правилима, као на пример, "Statement of Ethical Principles", [9] у издању Инжењерског савета Енглеске краљевске инжењерске академије. [8]

Инжењери који учествују у процесу производње, могу да допринесу спровођењу инжењерске еколошке етике кроз осигурање квалитета производа у циљу заштите животне и радне средине и будућих корисника њихових финалних производа.

Осигурање квалитета производње се врши кроз многобројне фазе, од пројектовања, набавке материјала контроле производних услова, анализе и тестирања сировина, амбалаже, полупроизвода до готових производа. Све то инжењери могу да остваре, строго се придржавајући правила и принципа еколошке етике.

5. ЗАКЉУЧАК

Можемо рећи да је апсурд да и после сазнања и признања колико је својим немарним односом довео планету Земљу у алармантно стање, човек и даље не стаје са таквим односом, бар не онако како би требало. Од настанка људског друштва, човек је настојао, најпре само због свог преживљавања, а касније и не само због тога, да овлада природом, да је подчини себи.

Огромну улогу у том подчињавању имао је техничко-технолошки развој у коме је итекако учествовала и инжењерска професија. Нажалост, техничка интелигенција, којој припадају и инжењери, није увек имала слуха за вапаје, најчешће из кругова друштвено-хуманистичких и еколошких наука. Углавном се обраћала пажња на позитивне ефекте тог развоја, док су негативне последице по људску популацију занемариване. Такође је игнорисана несразмерност технолошког и социјалног развоја и немогућност човека да његов развој прати изузетно брз развој технологије. Развој човечанства, поред осталог, подразумева и промену његове свести, а тиме и етике према

свету који га окружује, укључујући и природу. Ниво експанзије науке и технике је умногоме превазишао ниво људског морала који би морао да укључи у себе и еколошку димензију.

Инжењерски кадрови, у свим областима - грађевини, машинству, саобраћају, електроници, заштити животне средине итд., могу јако много да допринесу имплементацији еколошко-етичких принципа у процес рада и тиме, бар са своје стране, умање последице досадашњег немарног односа у експлоатацији природе.

Зато с правом можемо рећи, да нови миленијум мора почети еколошком револуцијом, која има задатак да се супротстави досадашњим друштвеним моделима који су као свој циљ имали повећање своје моћи над природом. Коначно треба да почне, не само декларативно и селективно, него доследно и свеобухватно "спашавање природе", а самим тим и људске популације са осталим биљним и животињским врстама на планети Земљи. Наравно, та заштита се односи и на многобројна природна богатства, успостављањем рационалније експлоатације и применом рециклаже већ искоришћених производа, као и све више заменом фосилних енергија обновљивим, чистим, еколошким.

Можемо и смемо ли у то да верујемо?

Одговор: МОРАМО!

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Јурај Божићевић, Инжењерска етика и друштвена одговорност, Нова присутност: часопис за интелектуална и духовна питања, Загреб, 2012.
- [2] Јован Бабић, Етика инжењера у Драгољуб Б. Ђорђевић и Богдан Ђуровић (прир.), Професионална етика инжењера, Машински факултет, Ниш, 2011.
- [3] Драгана Ђорић, Еколошка етика – појам, историјат и правци развоја, Зборник - Правни факултет, Нови Сад, 2012.
- [4] Весна Милтојевић, Екологија, хуманизам, култура, Теме, 2/ 2002.
- [5] Иван Копрек, Еколошка етика, Одговорност за живот, Зборник, Башка Вода, 1999.
- [6] Весна Васовић, Етичко-еколошка едукација, 32 Национална конференција о квалитету, Крагујевац, 2005.
- [7] С. Арсовски, Квалитет и етика, часопис "Квалитет", Пословна политика АД, Београд, 2004.
- [8] Томислав Турк, Инжењерска етика у производњи лијекова, Факултет стројарства и бродоградње, Загреб, 2016.
- [9] <https://www.engc.org.uk/EngCDocuments/Internet/Website/Statement%20of%20Ethical%20Principles.pdf>

CONSTRUCTIVIST LEARNING THEORIES IN THE DIGITAL CLASSROOM KONSTRUKTIVISTIČKE TEORIJE UČENJA U DIGITALNOJ UČIONICI

Slađana Živković, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Abstract – *This paper considers the importance of the constructivist learning theories and their application in the digital classroom. Today, in presenting these theories, there are two ways, namely, individual (Piaget) and social constructivism (Vygotsky). Both theories insist on students thinking activities during the learning process.*

Key words: constructivist theories, digital classroom

Sadržaj – *Ovaj rad razmatra značaj konstruktivističkih teorija učenja kao i njihovu primenu u digitalnoj učionici. U predstavljanju konstruktivističke teorije učenja danas su prisutna dva pravca, individualni (Pijaže) i socijalni konstruktivizam (Vigotski). Oba pravca insistiraju na misaonim aktivnostima studenata u toku procesa učenja,*

Ključne reči: konstruktivističke teorije, digitalna učionica

1. INTRODUCTION

In the world of global interconnection it is necessary to remodel the traditional way of teaching and learning, and to increase educational quality. Regarding this issue, we face constructivism as a new instructional approach which helps to create innovative way of education, both theoretical and practical.

In order to define constructivism, [11] proposes four principles: "learning, in an important way, depends on what we already know; new ideas occur as we adapt and change our old ideas; learning involves inventing ideas rather than mechanically accumulating facts; meaningful learning occurs through rethinking old ideas and coming to new conclusions about new ideas which conflict with our old ideas". It means that constructivism focuses on activities such as problem solving, decision making, creative and critical thinking, active and reflective application of knowledge [7]. It emphasizes the central importance of students and their attitudes and motivation to learning. Moreover, constructivist learning encourages critical thinking and creates active and motivated learners. It involves inventing and constructing new ideas [12].

Within the constructivist learning model, it should be clear that technologies facilitate the process of teaching and learning, they foster students to be active and collaborative which contributes to increasing learning outcomes.

With regard to the issue, it is important to note that constructivist theories have been developed as reaction to the traditional educational approach. Primarily, constructivism requires a teacher whose main role is to encourage the learning process, and thus, help students become active and make meaningful connections between prior knowledge, new knowledge and the processes involved in learning [4]. The key challenge for teachers is to refocus their teaching philosophy and adopt new approaches to teaching.

2. CONSTRUCTIVIST THEORIES

Across the broad areas of educational research, there have been found different interpretations regarding constructivist learning theories. Much of the work connected to the issues of constructivism was conducted by significant researchers, such as [3], [6], [18] and [20], who contributed to the transformation of education.

To begin with, constructivism explains that knowledge is considered to be individually [18] and socially [20] constructed.

Research studies conducted by Piaget stress the activity process of the individual in learning. Piaget's constructivist classroom offers different activities which raise students' readiness for learning. It is of great importance to design a technology-supported learning environment that enhances knowledge construction. Technology support in the effective ESP learning environment [26] encourages innovative teaching and learning approach based on interaction and collaboration (Vygotsky's social constructivism).

It should be stressed that the constructivist approach supports learning in context [8]. For effective learning [8] point out that knowledge development takes place in a social context, such as classrooms and language laboratories, "where students join in manipulating materials and, thus, create a community of learners who built their knowledge together" [6].

Significantly, it has been noted that much research has been carried out by [20] who emphasizes the importance of collaborative learning. Taking technology into consideration, we cannot but to conclude that in the technology-supported learning environment students are encouraged to share their knowledge, experiences and ideas with their colleagues.

As [3] claims, language learning is supported by dialogue (Socratic method of learning) as the best way to enhance

communication. Students are involved in the process of answering questions in a way that they need to think, explore and respond to related topics. "Individuals make meaning in dialogues and activities about shared problems or tasks" [13].

By giving a clear insight into constructivism, now we consider contemporary theories, with the focus on Activity theory. As stated by [15], Activity Theory is used for the construction of student-centered learning environments. Significantly, it involves technology in supporting collaborative learning and providing an authentic learning experience.

3. TECHNOLOGY IN THE CLASSROOM

With the beginning of new millennium, the use of technologies in the learning environment presents a great challenge to consider current issues in education, such as student motivation, autonomy, creativity, collaboration, and thinking skills. The tool of technology is not one of a physical nature, but rather a cognitive nature being used as an engager, facilitator of thinking and knowledge creation [15].

"The role of a mindtool is to extend the learner's cognitive functioning during the learning process, and to engage and facilitate critical thinking and higher-order learning...Mindtools enable learners to become critical thinkers. Students do not learn directly from technology; the role of technology in instruction is to engage the learner more actively in the process of thinking and manipulating information which in turn facilitates the learning process. Thinking fosters learning" [15].

With regard to the context, the fact is that new technology is an example of digital mediating technology [17], whose role is perceived as an instructional tool for providing a richer and more exciting learning environment [9], [26].

[21] states that technology can be considered a fundamental educational tool, depending on how it is used in learning. Following these views, [13] argues that for students to construct their knowledge, it is imperative they are actively involved in learning by means of technology tools.

Concerning the Internet use at an educational level, it is clear that it is a good source of information, offering authentic materials that can be used in the classroom related to students' needs. "Internet-generated materials can be flexibly arrayed to engage students with topics and cognitive tasks relevant to students' professional futures" [16]. Technologies engage students in meaningful and authentic activities with open-ended software and the Internet [14].

It should be stressed that 'mindtools' [14] engage students in constructivist activities that support critical thinking and problem solving instead of teaching for memorization. Mindtools allow students "to think harder about the subject matter domain being studied while generating thoughts that would be impossible without the tool" [15].

[15] has defined effective technology integration as curricula using reliable tasks to actively help learners build their own meaning from thinking about experiences, allowing for a more interdisciplinary project-based teaching.

Bearing this in mind, we can conclude that there are many advantages of modern technologies. And in view of what has

so far been discussed, it is clear that the integration of constructivist principles and technology shows the potential for great progress in the learning process. "They provide the opportunity to make and remake the concept of learning, and have brought new possibilities for learning. In other words, they can allow students to learn to their fullest potential" [25].

4. A RISING TREND IN EDUCATION

Constructivism as a new paradigm in teaching and learning has brought transformation within the classroom. A rising trend in education is to create such a learning environment where students' knowledge is facilitated [24]. Such an environment is a place where students are not frustrated, and in which they are focused on intentional learning [14].

[22] recommends a definition of a constructivist learning environment as "a place where learners may work together and support each other as they use a variety of tools and information resources in their pursuit of learning goals and problem-solving activities". In the learning environment "students join in manipulating materials and, thus, create a community of learners who built their knowledge together" [6].

The constructivist learning environment creates content-relevant experiences by utilizing technologies and resources to support unique learning goals and knowledge construction [23]. Moreover, the technology-supported learning environment is based on the need to embed learning into authentic and meaningful contexts [2]. In this context, the use of technology contributes to the realization of meaningful, authentic, active, interactive and problem-based learning [25].

It is with this in mind that "the richness of the technology permits us to provide a richer and more exciting learning environment...our concern is the new understandings and new capabilities that are possible through the use of technology" [9].

5. THE INNOVATIVE WAY OF LEARNING – TEACHER'S ROLE

In the constructivist digital classroom being a presentable and effective educator needs great demands and obviously carries great transformation. Therefore, the teacher is no longer regarded as the dispenser of knowledge and decision maker. Instead, the teacher has become a facilitator and a guide who helps students become active in the learning process [25], and "make meaningful connections between prior knowledge, new knowledge, and the processes involved in learning" [4] that results in achieving outcomes.

Admittedly, pedagogy-technology integration in the constructivist learning environment is one of the most demanding tasks. So, the main challenge facing teachers is to accept a new approach, and incorporate modern technologies in the teaching/learning process.

To be prepared for today's society, the teacher should be able to recognize and maximize the potential of the technology by using it effectively for practical work. It is

needed to design courses and to meet specific needs and interests of the students.

In the age of globalization and interconnectedness, the teacher should encourage the development of creative and critical thinking skills. The final goal is to enhance the quality of teaching and learning, and produce a positive, an authentic, fostering and productive learning environment that allows students the construction of new knowledge based on the previous one.

Considering this issue, it means that constructivism requires a teacher “whose main function is to help students become active participants in their learning and make meaningful connections between prior knowledge, new knowledge, and the processes involved in learning” [4].

6. A STUDENT ROLE IN THE CONSTRUCTIVIST DIGITAL ENVIRONMENT

The constructivist digital classroom brings significant changes, namely, the shift of focus is from teacher-centered to student-centered approach. The students are urged to be actively involved in their own process of learning.

“Learning becomes a continuous, life-long process which results from acting in situations” [2]. So, great attention should be paid to prepare students to effectively communicate and collaborate with colleagues in professional settings.

A well-planned class discussions are important, and they directly affect student knowledge, ideas, attitudes, and values when students interact to each other [20]. They are considered a key element in constructing classroom learning environment [5]. Students will have greater opportunities to discuss when they have a trusting relationship with their classroom teacher, which in fact is considered a key element in building a classroom learning environment [5].

As far as student engagement is concerned, it is worth mentioning that technologies “engage the learners more and result in more meaningful and transferable knowledge...Learners function as designers using the technology as tools for analyzing the world, accessing information, interpreting and organizing their personal knowledge, and representing what they know to others” [15].

In other words, technologies have transformed the learning process in that they foster meaningful learning experiences [15]. It should be stressed that they can be observed as an integral part of cognitive activity [9] which increases learning and help students examine the problem and solve it.

With all this in mind, it is worth noticing that in the constructivist technology-supported learning environment technologies foster innovations and provide the realization of student active learning, which means to communicate, and thus, collaborate.

7. CONCLUSION

This paper explained the importance of the constructivist theories in the digital learning environment that is “learner-centered, knowledge-centered, community centered and assessment-centered” [1].

As has been mentioned, the constructivist learning environment together with digital technologies stimulates students’ communication and fosters their learning. Moreover, these technologies provide authentic activities and give the learning situation a purpose [19].

“Students cannot use [cognitive] tools without thinking deeply about the content that they are learning, and second, if they choose to use these tools to help them learn, the tools will facilitate the learning process” [15]. “Learning to think and to analyze and synthesize information in order to solve technical, social, economic and scientific problems is crucial for successful and fulfilling participation” [10].

Bearing all this in mind, we can conclude that the goal of the contemporary classroom is to prepare students to become productive members of the workplace. In such learning environment students become designers of knowledge, efficient communicators, successful teammates, competent thinkers, problem solvers and career experts.

LITERATURE

- [1] D. J. Bransford, L. A. Brown, and R. Cocking, eds., “How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School”. Committee on Developments in the Science of Learning Research and Educational Practice, Commission on Behavioral and Social Sciences and Education, National Research Council. Washington, D.C. 2000.
- [2] J. S. Brown, A. Collins, and P. Duguit, Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18 (1), 32-41, 1989.
- [3] J. Bruner, *The Culture of Education*, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1996.
- [4] J. Copley, “The integration of teacher education and technology: a constructivist model”. In D. Carey, R. C, D. Willis, & J. Willis (Eds.), *Technology and Teacher Education*, Charlottesville, VA: AACE, 1992.
- [5] H. A. Davis, Exploring the Contexts of Relationship Quality between Middle School Students and Teachers. *The Elementary School Journal*, 106(3), 193, 2006.
- [6] J. Dewey, *The school and society and the child and the curriculum*. Chicago: The University of Chicago Press. (Original works published 1900 & 1902). 1990.
- [7] M. P. Driscoll, *Psychology of Learning for Instruction*. (2nd ed.). Needham Heights, Ma: Allyn & Bacon, 2000.
- [8] T. M. Duffy, and D. H. Jonassen, “Constructivism: New implications for instructional technology?” *Educational Technology*, 31(5), 7-11, 1991.
- [9] T. M. Duffy, and D. J. Cunningham, “Constructivism: Implications for the design and delivery of instruction”. D. H. Jonassen (Ed.), *Educational communications and technology*, New York: Simon & Schuster Macmillan, 170-199, 1996.
- [10] J. C. Dunlap, and S. Grabinger, “Rich Environments for Active Learning in Higher Education”. *Constructivist Learning Models in Higher Education*. B.G. Wilson (ED.) Englewood Cliffs NJ, Educational Technology Publications. 1996.

- [11] T. C. Fosnot, *Enquiring teachers, enquiring learners: A constructivist approach for teaching*. New York: Teachers College Press. 1989.
- [12] A. Gray, *The Road to Knowledge is Always under Construction: A Life History Journey to Constructivist Teaching*. SSCA research centre, University of Saskatchewan. 2007.
- [13] B. Helland, "The Constructivist Learning Environment Scorecard: A Tool to Characterize Online Learning", (ERIC Document Reproduction Service No. ED492301) Retrieved March 9, 2009, from ERIC database. 2004.
- [14] D. H. Jonassen, and T. C. Reeves, "Learning with technology: Using computers as cognitive tools". In D. H. Jonassen (Ed.), *Handbook of research for educational communications and technology*, 1st edition. New York: Macmillan, 693-719, 1996.
- [15] D. H. Jonassen, "Revisiting activity theory as a framework for designing student-centered learning environments". In Jonassen, D. H., & Land, S. M. (Eds.), *Theoretical foundations of learning environments*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 89-121, 2000.
- [16] J. Kimball, Task-based medical English: elements for Internet-assisted language learning. *Call Journal*, vol. 11, no. 4, 411-418, 1998.
- [17] B. O'Neill, Cognition and mobility rehabilitation following lower limb amputation. In: Gallagher, Desmond & MacLachlan (Eds). *Psychoprosthetics: State of the Knowledge*, London: Springer. 2008.
- [18] J. Piaget, *Sociological studies*. London: Routledge, 1995.
- [19] T. C. Reeves, and R. O. Herrington, Authentic activities and online learning. In A. Goody, J. Herrington & M. Northcote (Eds.), *Quality conversations: Research and Development in Higher Education*, Volume 25, 562-567. 2002.
- [20] L. Vygotsky, *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge: Harvard University Press. 1978.
- [21] G. H. Wheatley, Constructivist perspectives on science and mathematics learning. *Science Education*, 75(1), 9-21. 1991.
- [22] B. G. Wilson B. G. (Ed). *Constructivist learning environments: Case Studies in Instructional Design*. Englewood Cliffs, NJ: *Educational Technology Publications*. 1995.
- [23] L. D. Young, "Bridging Theory and Practice: Developing Guidelines to Facilitate the Design of Computer-based Learning Environments". *Canadian Journal of Learning and Technology*, 29(3). 2003.
- [24] S. Živković, To Modernize or not to Modernize - There is no Question. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, MCSER Publishing: Rome-Italy. 2013.
- [25] S. Živković, *Constructivism – An Emerging Trend in ESP Teaching and Learning*. Language, Literature and Culture in Education, Nitra, Slovakia. 2014.
- [26] S. Živković, The ESP Technology-Supported Learning Environment. *European Journal of Multidisciplinary Studies. Education and research*, Vol.6, No.1. Sofia, Bulgaria. 2016.

TIHA METODA I TEORIJA UDRUŽENE RADNJE U DIDAKTICI I NJIHOVA MOGUĆA PRIMENA NA POLJU ENGLESKOG JEZIKA ZA POSEBNE NAMENE

THE SILENT WAY AND THE JOINT ACTION THEORY IN DIDACTICS: POSSIBLE APPLICATIONS IN THE FIELD OF ENGLISH FOR SPECIFIC PURPOSES

Danica Milošević, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj – Cilj ovog rada je da skrene pažnju na zajedničke principe i tehnike metode Tihog načina i teorije Udružene radnje u didaktici da bi se potvrdilo da Udružena radnja takođe ima potencijala da bude korisno metodološko sredstvo u nastavi engleskog jezika za posebne namene. Iz tog razloga, rad daje prikaz ove dve didaktičke prakse i pokazuje kako se one upotrebljavaju u okviru engleskog za posebne namene, prikazivanjem i analiziranjem studije slučaja koja je sprovedena uz pomoć studenata.

Ključne reči: Tiha metoda. Udružena radnja. Didaktička igra. Tehnike i principi engleskog za posebne namene. Studija slučaja.

Abstract - The aim of this paper is to draw attention to the common principles and techniques of the Silent Way method and the Joint Action Theory in Didactics (JATD) in order to claim that the JATD also has a potential to be a useful methodological tool in teaching English for Specific Purposes. For that reason, the paper gives an outline of the two said didactic practices and shows how they are applied in ESP classes by presenting and analyzing a case study conducted with the help of ESP students.

Key words: Silent way. Joint action. Didactic game. ESP techniques and principles. ESP case study.

1. INTRODUCTION

The Silent Way (SW) theory and the Joint Action Theory in Didactics (JATD) share many of the principles and techniques as far as the teaching process is concerned. The *Silent Way* (SW) was constructed by an Italian mathematics educator Caleb Gattegno in 1972 and has been advocated by an American methodologist Diane Larsen Freeman ever since she published her book *Techniques and Principles in Language Teaching* in 1986. The *Joint Action Theory in Didactics* (JATD), on the other hand, was originally devised by a psycholinguist Herbert Clark (1996) and later on revisited by many scholars of French origine like Ligozat (2008) and Sensevy (2010). Although produced at different times and by different authors, these two theories support and complement one another, by sharing the same concepts regarding instruction, like the one which says that "with minimal spoken clues, the students are guided to produce the structure" [3]. Freeman's interpretation of the *The Silent Way* has for a long while been a widely used method in teaching English as a second language, while the JATD is used primarily in didactics of mathematics but is currently finding its way into other specific domains. One of the intentions of this paper is to prove that the JATD as well is fully applicable in ESP (English for Specific Purposes) teaching practice since it is possible to find many similarities between the concepts it supports and the methodological concepts of the SW already in use in the English language tuition.

2. TWO SIMILAR FRAMEWORKS

As an approved method, The Silence Way states as its main principle that "teaching should be subordinated to learning" [3]. Therefore, it is possible to correlate this specific practice to the cognitivist approach to learning which supports the very same learning strategy. As an educational concept, the SW intentionally places the student in the center of the learning process and diminishes the role of the teacher in order to foster autonomy in students and propagate peer-to-peer communication and cooperation essential for practicing a language. This seems to be an aspect of the teaching process that both the SW and the JATD agree upon. In both didactical practices, the teacher has a duty to build a linguistic environment in which the students can take responsibility for their learning and prepare such language activities for them that inspire students to interact, learn and internalize the language in the syllabus.

According to the SW, students are expected to depend on their critical thinking, cognitive capacities, problem-solving skills and perception following cognitive codes, altogether grounded in the belief that it is possible to learn from one's own experience and apply that knowledge in new contexts and situations. The JATD as well sees the transfer of knowledge to new contexts as one of the crucial steps in learning, so this is another important aspect over which there has been a substantial agreement between these two theories.

Another common issue is that both methods present language structures in a logical way, introducing gradually new linguistic problems by making references to the pre-learned linguistic concepts. Both the SW and the JATD build up knowledge in learners gradually starting with some simple structures and moving towards more complex ones, allowing students to master their study materials and form language rules one step at a time. If transferred to an ESP settings, this strategy would imply that students get the opportunity to practice language in class, use the professional language they know and transfer it to similar linguistic frameworks, which would all help them internalize the vocabulary and memorize the important structures of the professional discourse more readily through active learning. Speaking of a success of one ESP course, this kind of approach could be found very welcome and beneficial on a long-term basis.

However, as it is often the case in any process of learning, students are likely to encounter difficulties and make errors. But yet it is expected that they make progress over the time and search for the most appropriate linguistic solutions. For that reason the role of the teacher is seen in both frameworks as the one of a technician, an engineer, a guide and a facilitator. The teacher does not insist on perfection from the beginning of the class but rather inspires students to strive for perfection throughout the class, making them unveil their full potentials and capabilities. The idea behind this concept is that "students need to develop their own "inner criteria" for correctness-to trust and be responsible for their own production in the target language"[3]. That is why clues are given by the teacher during the class only as a final option. The teacher should be there to "set up a situation" and "put a language structure into circulation"[3] and then observe, monitor and analyze the language-building processes unfolding itself in class. The JATD theorists speak of a *mesogenesis* or a creation of a special social and linguistic milieu that sets the scenery for a language game. So, according to the JATD the teacher is also neither invited to disclose all the clues at once nor provide more help than needed. Disregarding this approach could potentially prevent students from testing their own hypothesis and becoming independent learners. The JATD claims like the SW that "if students are simply given answers, rather than being allowed to self-correct, they won't retain them"[3] which means that they won't be able to internalize the study material in a proper way. For that reason it is important that in the initial phase of a class the teacher provides necessary assistance by giving clues, setting up language situations and guiding students towards pre-defined goals. After this initial stage, the teacher should practice silence and intervene only when a real need is present. Silence then is perceived as a powerful tool that "helps to foster autonomy, or the exercise of initiative"[3]. It can also drive students to interact more openly and leave time to the teacher to carry out his/her surveillance activity which is crucial for class analysis and problem detecting. Silence should not imply passivity on the part of the teacher. It should rather be understood as a closely attentive mode in the form of a monitoring activity that can give valuable information on the types of students' mistakes and their reactions to the material taught.

Bearing all the principles and techniques of the SW and the JATD in mind it is possible to conclude that many of them overlap, but it is also possible to notice that the JATD brings some additional insights into the realm of English lan-

guage teaching by introducing new notions and opening up some new perspectives.

3. SPECIAL CONTRIBUTION OF THE JATD TO ESP PRACTICE

Like the SW, the JATD fosters the concept of student-centered learning, giving teacher a marginal role in the classroom. It also supports the constructivist approach to learning like the SW does, making students independent learners who rely on their previously constructed knowledge and previous experience in order to grasp new linguistic units in new linguistic contexts and situations. Both practices require from the teacher to construct a sound language environment and engage students in activities that are interactive, creative and inspiring for critical thinking and analogy making. Both methods insist on close observation of errors and their analysis with an intention to drive students to self-correct, improve their skills and eventually attain perfection.

The JATD seems to have a bit more complicated terminology that stands for the common ideas and concepts and that is why it should be analyzed here in more detail. It also divides the teaching process into very precise teaching stages that ask for attention and further elaboration as they can be very useful to teachers in organizing their ESP classes.

As Sensevy (2010) puts it in his *Outline of a Joint Action Theory in Didactics*, teaching and learning processes that are simultaneously occurring in a didactic situation are seen as a *joint activity* or a *joint action* in which both parties, that is the teacher and his/her students, have mutual expectations and make huge personal investments to achieve desired goals. Implementation of such a joint activity necessarily asks for a joint effort which demands some sort of a social agreement or, according to Sensevy, a *didactic contract* that both parties need to adhere to during this interplay.

In such a methodological approach, it is possible to differentiate two types of games. The one that comes first is a *didactic game* defining all the rules and interpersonal relations. The second one is a *learning game* focused on a specific problem, which as well might be a linguistic one. Once the terms agreed, a learning/language game can start, be pursued and won by the players. To achieve this goal the right strategy should be followed and fully applied, which presupposes sharing of the same semiotic concepts that are the building blocks of a particular language game. All the players in a game must follow the same *logic of practice* to be able to play the game together. To participate in one game, as Sensevy further points out, the players "have to draw the same conclusions from a given environment, to give the same meaning to the prominent features of this environment" [5] and thus behave accordingly to the given situation. They should perceive, analyze and decipher language meanings and symbols in a similar way.

For that purpose Sensevy believes that a teacher must create and maintain a *milieu* or a specific linguistic framework in which it is possible to operate, communicate and share linguistic meanings. Within this milieu the teacher introduces activities that would lead students to master certain linguistic points by evolving their linguistic skills gradually over the time (chronogenesis) and constantly monitor students' activities. Before doing this, the teacher primarily defines the activi-

ties for all the players in the didactic game (topogenesis), including his/her own role and the role of individual students so that all the players in the game can be aware of their specific tasks. The milieu, or a specific linguistic context constructed by the teacher thus acts as a "specific reference" point in the process of making inferences about language rules, structures and concepts and for this reason has to be established on strong foundations by the teacher. The milieu is a solid base that helps students construct their knowledge in the cognitive process of learning the language. That is why Sensevy above all stresses the importance of the milieu in the teaching practice, perceiving it as a "cognitive context, as a common ground, which notably provides the expectations and the mutual attributions of intentions on which the didactic contract rely" and a "system of shared meanings which makes possible the joint action"[5]. This implies that if an ESP class was to be organized according to the principles of the JATD, the structure of the class would need to rest substantially on an elaborately developed milieu so that students could relate to it in order to achieve certain, pre-set learning outcomes. Thus, the teacher needs to engage himself/herself in a lot of preparatory activities for the class to set up the milieu, devise it adequately and lay the foundations for successful learning. If the milieu is well set, the teacher can devote the greatest part of class time on monitoring and analysing students' activities which makes such classes more learner-centered and in favour of improving and promoting students' skills. However, the teacher should expect that students may find it difficult to assimilate to the milieu, in which case they should have alternative strategies developed for reaching those linguistic aims planned for a class.

To apply the JATD in ESP practice correctly implies that the rules of the language game must be clearly determined from the outset (defining), that the game itself is accepted by the students who need to show their willingness and consent to participate in it (devolving) and that the adequate response to the milieu is achieved on the part of students with the teacher's intervention in the crisis situations that demand modifying students' linguistic behaviour (monitoring).

Through testing the linguistic framework in which they find themselves, the students are very likely to stray away from the path that was initially planned for them and start exhibiting their antagonism to the process of learning by creating their own linguistic paradigm known as an antagonist-milieu. The problem of adapting to the milieu can hinder the process of learning but should not be a serious obstacle that cannot be overcome. This phenomenon is the consequence of students' uncertainty and lack of competences in English or their too deeply set language habits, but it can be overcome through teacher's assistance that should prevent and/or make students avoid such undesirable language practices. To discourage resistance to the milieu in students, the teacher should drive them to "encounter their ignorance" and encourage "the need for a specific piece of knowledge which will bridge this "ignorance gap"[5]. Throughout the process of learning, the students should be given a feedback in the form of clues that can help them recognize the right strategy for winning the game. To ensure that, the teacher should "take more responsibility in didactic transactions"[5] as the class progresses, use scaffolding techniques and start assuming a more active, high topogenetic role towards the end of the class. Although the JATD approach does not require from the

teacher to be overly communicative in class, this does not mean that the teacher should be passive and reticent all the time. The truth is that the teacher should do most of the hard work before the class starts due to extensive class preparations, but a significant portion of work is done by the teacher during the class as well since the teacher is expected to act as a guide, a facilitator and a supervisor assisting students to solve linguistic problems. Taking one step at a time, giving a more important piece of clue upon each subsequent occasion and intervening more frequently as the class is closer to an end is the strategy on the part of the teacher that allows students to draw their own conclusions from the study material and participate actively in the process of learning while being fully engaged in problem-solving language activities that boost their autonomy.

Following the two theories mentioned above, an ESP class was prepared. The outcomes of the class are presented in the further text.

4. CASE STUDY

The idea was to devote one ESP class with Modern Computer Technology students to the discussion of the following two professional topics: *What are the highest quality surveillance cameras and should they be used in public spaces?* and *How do robots function and is it ethical to use them?* In order to initiate the debate, the computer was used as a substantial teaching aid. The entire class connected to the internet forum for debates in English (<http://www.debate.org/>) where it was possible to read comments posted by different people, some of them being professionals, others being laymen and get ideas how the topics could be approached. Since students are fond of social networks, chat rooms and forums, it was not difficult to attract their attention and convince them that they should be taking part in this specific language game. No antagonism was observed in this respect.

In order not to have a too strong influence on students' opinion only one random post on each topic was selected for reading by the teacher and presented by the teacher. This way, the forum was used as a social and linguistic milieu for the students to adapt to and fit in. The students already had some idea about the topics since they were prepared for this discussion in previous classes by building up the relevant vocabulary through reading scientific texts on surveillance cameras and robotic engineering. Therefore, the reading of the posts on the forum was not an initial stimuli, but was used to set the discussion in motion and encourage students to state their own opinions, take their attitude to the topics and provide solid *for* and *against* arguments to support their thesis. In this phase, students were given an integrated task which required from them to rely on their listening and reading skills in order to prepare a short speech on the given topics. After some time was spent on discussion in which all the students were invited to take part, the students had to write their lists of *pro* and *con* arguments individually and then organize short opinion essays based on these arguments. The students had to make inferences themselves on how to make a good essay organization based on the samples that were presented to them. No explicit rules for good essay writing were supplied to the class. Once the students finished writing, their comments were posted on the forum only if their langu-

age was correct and their style appropriate. This way, apart from getting the feedback from their teacher and one another, by posting the comments on-line, the students got a chance to get a feedback from real professionals in the relevant fields and possibly chat with them on the forum by exchanging opinions and the specific language registry that is operative in the domain of their profession.

The main purpose of this class was to foster communication activities in class by inviting students to express themselves both in oral and written form. The students were given a chance to practice the vocabulary they already know and use it in real-life contexts gaining real-life experiences through one social medium, that is the forum. They did not show resistance to the language framework they were working in. However, they showed resistance to language organization, language structure and grammatical accuracy. The role of the teacher in such critical situations was to encourage students and propel them to make their own conclusions about the proper language use and correct writing style. For that purpose, students were asked to read some additional models of posts on the forum, compare and contrast the models and make their own observations.

To make this class effective, the teacher had to do a lot of reading in quest for good models that contain appropriate language and exhibit appropriate style. During the class, the teacher was silent most of the time letting the students talk and letting them prepare their own pieces of writing thus making the class more student-centered. However, the teacher was very active when giving prompts for discussion and in the final part of the class when all the short essays needed proof-reading. When assisting students with their mistakes, the teacher always encouraged students to self-correct and come up with better solutions, instead of giving them ready-made answers.

Since the forum was not fully active at the moment when the class was held, the students could not get a real-time feedback, but in the following classes it was possible to check the reactions of forum users and read what other persons commented on the student posts. This kind of class could have been more successful and could have had a stronger effect if the forum was fully active in which case continual interaction and exchange of opinion would have been ensured. However, the way the class was organized, it still reached its goals: to enable the students to communicate in English and have an open discussion confronting their ideas and opinions, to provide them with a language framework in which they could practice the language they know by exploiting it in new linguistic situations, to make them rely on their critical way of thinking, to develop writing and speaking skills in professional English, and learn about the culture of social networks (forums).

5. CONCLUSION

The overall impression of the teacher was that the class conducted by using the principles and techniques of the SW and the JATD succeeded in realizing its mission. The students also welcomed these techniques and participated in classes with great interest showing very good results at the end of the class. The SW and the JATD techniques thus proved to be very useful for students and motivating for them to

assume an active role in the learning process and work devotedly on the language by practicing it, applying it, upgrading it and improving it through mastering different skills. It is possible to draw many positive conclusions on the SW and the JATD that indicate that the techniques presented in this case study deserve to be part of the regular ESP practice and its methodological approach.

These are some of the main conclusions:

- although primarily used for didactic methods in mathematics, the Joint Action Theory in Didactics can have its full application in language teaching as well; it shares many of its concepts with the Silent Way method which is already used in teaching languages;
- the teacher provided only the help needed to a good result, as can be seen in the case study;
- the teacher did a lot of monitoring and collected valuable information about her class and her students, which makes room for further improvements in ESP tuition;
- as shown in the case study, students can achieve the set goals/the desired learning outcomes with little teacher interference thus relying fully on their cognitive potential, which is one of the most important goals in constructivist approach to learning languages that the SW and the JATD are both supporting;
- the students were given a chance to practice professional English in class and not just be passive observers and listeners; this strategy gives them a lot of practical experience and prepares them well for their future careers;
- the students achieved tangible results at the end of the class, which may promote the feeling of accomplishment and success in them and motivate them to learn ESP more diligently;
- as seen in the case study, the students are capable of winning language games while learning ESP.

REFERENCES

- [1] H. Clark, *Using language*, Cambridge: Cambridge University Press 1996.
- [2] J.K. Drgas, "Translation in the ESP Teaching", *Journal of Teaching English for Specific and Academic Purposes*, retrieved from <<http://espeap.junis.ni.ac.rs/index.php/espeap/article/view/100>> on 18th June 2016.
- [3] D. Larsen Freeman, *Techniques and Principles in Language Teaching*, New York: Oxford University Press 1986.
- [4] C. Gattegno, *Teaching Foreign Languages in Schools: The Silent Way*, New York: Educational Solutions, Inc 1972.
- [5] G. Sensevy, "Outline of a Joint Action Theory in Didactics", *Proceedings of CERME 6*, retrieved from <<http://www.inrp/freditions/cerme6>> on 15th June 2016.
- [6] O. Tarnopolsky, "Constructivist Blended Learning Approach to Teaching English for Specific Purposes", retrieved from <<http://www.degruyter.com.proxy.kobson.nb.rs:2048/view/book/9788376560014/9788376560014.228/9788376560014.228.xml?format=EBOK>> 20th June 2016.

ZAŠTITA PRAVA NA RAD U REPUBLICI SRBIJI PROTECTION OF THE RIGHT TO WORK IN THE REPUBLIC OF SERBIA

Milica Mladenović, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U ovom radu prikazan je mehanizam zaštite prava na rad u Republici Srbiji. U prvom delu rada definisan je pojam prava na rad i zaštita prava na rad prvostepenom i drugostepenom sudskom instancom. U drugom delu rada analizirana je zaštita prava na rad pred Ustavnim sudom Republike Srbije

Ključne reči: pravo na rad, tužba zbog povrede prava na rad, ustavna žalba

Abstract - In this paper, the mechanism of protection of the right to work in the Republic of Serbia. We first section defines the concept of the right to work and protection of the right to work first or second instance court instancom. U second part of analizirana satiate the right to work at the Constitutional Court of the Republic like Serbia

Key words: the right to work, the complaint for the violation of labor rights, the constitutional complaint

1. UVOD

Pravo na rad, prema klasifikaciji ljudskih prava, pripada ekonomskim pravima i sloboda. Predstavlja skup integrisanih prava čijom primenom i poštovanjem od strane javne vlasti, zaposleno lice dobija mogućnost da svoj posao obavlja dostojanstveno, u skladu sa Ustavom i zakonom. Pravo na rad je jedno od najznačajnijih ekonomsko-socijalnih prava čoveka i temeljno načelo radnog zakonodavstva [1].

Pravo na rad je jednako i jedinstveno pravo, pod jednakim uslovima zajemčenog stalnog zaposlenja od strane društvene zajednice svakom za rad sposobnom građaninu prema njegovim stručnim i fizičkim sposobnostima. Predstavlja osnovni i glavni izvor materijalnih sredstava i drugih prava za pristojan i obezbeđen i razvoj njegov i njegove porodice [2].

Zaštite sloboda i prava čoveka obuhvata niz pravnih principa, institucionalnih garancija i drugih pravnih instrumenata i postupaka kojima se štite ustavne slobode i prava građana od mogućih povreda, ugrožavanja zloupotreba, ukidanja ili neosnovanih ograničenja. Za stanje ljudskih prava i sloboda u svakoj državi od izuzetnog značaja je način njihovog ostvarivanja i postupci njihove ustavnopravne zaštite.

Zaštita ljudskih prava može da se ostvaruje pred domaćim i međunarodnim sudovima koji su nadležni da odlučuju o zaštiti prava. Ukoliko dođe do povrede prava na rad, titularu prava stoje na raspolaganju organi državne vlasti koji imaju nadležnost da na osnovu ustava i zakona odlučuju o povredi ili uskraćivanju nekog ustavnog zagaratnovanog prava.

Radni sporovi se mogu rešavati mirnim putem, u postupku posredovanja ili sudskim putem u postupku posredovanja i pred sudom opšte nadležnosti. Proces internacionalizacije ljudskih prava praćen je u uspostavljanjem međunarodno-pravnih mehanizama njihove zaštite.

Republika Srbija kao članica Međunarodne organizacije rada i ratifikovala je veliki broj konvencija usvojenih pod okriljem ove organizacije.

U unutrašnjem pravu, pravo na rad se štiti pred Osnovnim sudom u prvostepenom sudskom postupku, dok se u drugostepenom sudskom postupku štiti pred Apelacionim i Vrhovnim kasacionim sudom, kao i pred Ustavnim sudom.

Srbija je 2003. godine ratifikovala Evropsku konveciju za zaštitu ljudskih prava i osnovnih sloboda i time prihvatila nadležnosti Evropskog suda za ljudska prava u Strazburu kao i obaveznost izvršenja donetih presuda suda. Konvecijom je predviđeno pravo na podnošenje individualnih predstavi u roku od 6 meseci od dana kada je pred nacionalnih sudom doneta pravnosnažna sudska presudaPotpisivanjem Konvencije, građanima Srbije je otvoren put da se predstavkom obrate Evropskom sudu za ljudska prava radi zaštite i ostvarivanja svojih prava [3].

Ustavom Republike Srbije propisano je da su opšteprihvatačena pravila međunarodnog prava i potvrđeni međunarodni ugovori sastavni deo pravnog poretka i da potvrđeni međunarodni ugovori moraju biti u skladu sa Ustavom.

2. POJAM SUDSKE ZAŠTITE

Sudska zaštita predstavlja osnovno i najznačajnije sredstvo zaštite prava na rad na nacionalnom nivou.

Pravo na pristup sudu, princip koji je prvenstveno izrastao na temeljima angosaksonske pravne tradicije predstavlja jedno od osnovnih prava koje u sebe uključuje veliki broj proceduralnih zahteva. Od suda se zahteva da bude nepristrasan i da odluke donosi nakon efikasno i pošteno sprovedenog postupka [4].

Pravo na zaštitu pred sudom ima svako kome je "povređeno ili uskrađeno neko ljudsko ili manjinsko pravo zajemčeno Ustavom, kao i pravo na uklanjanje posledica koje su povredom nastale".

Nezavisnost sudova, kao jedan među osnovnim principima koji odlikuje modernu ustavnu državu, je bitna pretpostavka i nesumnjivo jedan od najvažnijih preduslova osiguravanja elemenata zaštite ljudskih prava garantovanih ustavom [5].

3. ZAŠTITA PRAVA NA RAD PRED PRVOSTEPENIM SUDOM

Sudsko rešavanje radnih sporova uređeno je Zakonom o parničnom i Zakonom o radu.

Osnovni sudovi kao prvostepeni sudovi stvarno su nadležni da rešavaju individualne radne sporove.

U pogledu mesne nadležnosti predviđena je opšta i posebna mesna nadležnost. Ako je tužilac zaposleni, pored suda koji je opšte mesno nadležan za tuženog, nadležan je i sud na čijem se području rad obavlja ili se obavljao. Zaposleni ima pravo da bira mesno nadležan sud pred kojim je pokrenut postupak. [6].

U parnicama iz radnih odnosa primenjuju se, pored posebnih pravila parničnog postupka i opšta pravila parničnog postupka koja nisu deroginarna pravilima posebne procedure.

Zaposleni čije je pravo povređeno odlukom poslodavca treba da pokrene parnični postupak u roku od 60 dana od dana dostavljanja rešenja kojim je povređeno njegovo pravo ili od saznanja za povredu prava. Rok je materijalno-pravni i prekluzivan.

Postupak u parnicama iz radnog odnosa je hitan. Zakonodavac je predvideo posebna pravila koja treba da omoguće da se ostvari ubrzanje postupka. U postupku u parnicama iz radnih odnosa važe pravila o kraćim rokovima: paricioni rok i rok za žalbu iznose osam dana [7].

Osnovni pravni instrument koji se koristi za pokretanje sudskog postupka za zaštitu prava je tužba. Građanima se garantuje pravo da se tužbom obrate nadležnom sudu radi zaštite svojih prava. Tužba mora da sadrži određeni zahtev u pogledu glavne stvari i sporednih traženja, činjenice na kojima tužilac zasniva zahtev, dokaze kojima se utvrđuju ove činjenice, vrednost predmeta spora, kao i druge podatke koje mora imati svaki podnesak.

Tužbom se može zahtevati: otklanjanje povrede prava i uspostavljanje pređašnjeg stanja, prestanak radnji kojima se krši ili povređuje pravo na rad, uzdržavanje od radnji kojima se vrši povreda prava, naknada štete koju je građanin pretrpeo zbog povrede prava, posebno ukoliko otklanjanje povrede prava nije moguće uspostavljanjem prava i povraćajem u stanje koje je postojalo pre povrede prava. U parnicama iz radnih odnosa postupak u prvom stepenu sudi sudija pojedinac.

Tužilac može do zaključenja glavne rasprave da preinači tužbu. Posle dostavljanja tužbe tuženom, za preinačenje tužbe potreban je pristanak tuženog. Sud će da dozvoli preinačenje i kad se tuženi tome protivi, ako smatra da bi to bilo celishodno za konačno rešenje odnosa među strankama i ako oceni da postupak po preinačenoj tužbi neće znatno da produži trajanje parnice. Smatraće se da postoji pristanak tuženog na preinačenje tužbe ako se on upusti u raspravlanje o glavnoj

stvari po preinačenoj tužbi, a nije se pre toga protivio preinačenju [7].

Sud otvara glavnu raspravu i objavljuje predmet raspravlanja, utvrđuje da li su došla sva pozvana lica, proverava da li su uredno pozvana i da li su opravdala svoj izostanak. Pravnosnažna presuda deluje samo među strankama. Stranka može da izjavi žalbu protiv presude donete u prvom stepenu u roku od 15 dana od dana dostavljanja prepisa presude. Ukoliko u toku postupka sudija oceni da je neophodno da se odredi privremena mera, on u skladu sa zakonom može odrediti privremenu meru radi sprečavanja nasilnog postupanja ili radi otklanjanja nenadoknadive štete. Sud će odluku o određivanju privremene mere po predlogu stranke da donese u roku do osam dana od dana podnošenja predloga. Prvostepeni postupak pred osnovnim sudom se okončava donošenjem presude. Ukoliko strana nije zadovoljna presudom, može da se obrati neposredno višem sudu radi zaštite svojih prava [7].

4. ZAŠTITA PRAVA NA RAD PRED DRUGOSTEPENIM SUDOM

Za sudsku zaštitu prava na rad i postupak po kome se odvija ovaj vid zaštite prava posebno je značaj princip dvostepenosti.

Princip dvostepenosti sudskog postupka predstavlja instrument koji se upotpunjuje sudsku zaštitu ljudskih prava uključujući u sistem sudske zaštite prava i instancionu kontrolu sudskih odluka koje se poverava višem sudu.

Donošenjem presude osnovnog suda ne dolazi do okončanja sudskog procesa. Protiv prvostepene presude stranka u postupku može da uloži pravni lek. Pravni lekovi su pravna sredstva kojima stranke vrše i ostvaruju pravo na pravni lek. Pravo na pravni lek je fundamentalno ljudsko pravo, priznato i zagarantovano međunarodnim pravnim aktima o čijim je pravima o obavezama odlučivano u postupku pred sudovima. Žalba predstavlja pravni lek, odnosno inicijalnu stranačku parničnu radnju kojoj se pokreće instancioni postupak pod uslovom da postoje opšte i posebne procesne pretpostavke. Protiv prvostepene odluke stranka ima pravo da izjavi žalbu u roku 8 dana. Žalba se podnosi Apelacionom sudu. Apelacioni sud načelno donosi presudu bez otvaranja javne rasprave u roku od 90 dana od dana podnošenja žalbe. Presudom Apelacionog suda prvostepena presuda može da se potvrdi presuda prvostepenog suda, da se preinači i da se vrati na ponovno suđenje. Prvostepenom sudu na ponovno suđenje, presuda može da se shodno načelu vrat

Protiv pravnosnažne presude donete u drugom stepenu, stranke mogu da izjave reviziju u roku od 30 dana od dana dostavljanja presude. O reviziji odlučuje Vrhovni kasacioni sud.

Revizija je uvek dozvoljena ako je:

- 1) to posebnim zakonom propisano;
- 2) drugostepeni sud preinačio presudu i odlučio o zahtevima stranaka;
- 3) drugostepeni sud usvojio žalbu, ukinuo presudu i odlučio o zahtevima stranaka.

Revizija kao vanredni pravni lek dozvoljena je parnicama o zasnivanju, postojanju i prestanku radnog odnosa. Revizija

kao vanredni pravni lek se koristi u radnim sporovima po načelima *lex specialis derogat lex generalis*, odnosno nije potrebno da vrednost spora iznosi 40.000,00 hiljada evra u dinarskoj protivvrednosti po kursu Narodne banke Srbije. da bi Vrhovni kasacioni sud odlučio u postupku po reviziji [7].

Po svojoj pravnoj prirodi revizija je ograničen, prekluzivan, devolutivan nesuspendivan i dvostrani pravni lek. O reviziji kao vanrednom pravnom leku odlučuje Vrhovni kasacioni sud u veću od tri sudije, Odluka revizijskog suda se dostavlja prvostepenom sudu preko drugostepenog suda. Vrhovni kasacioni sud ima mogućnost shodno načelu dvostruke presude da dva puta poništi presudu prvostepenog suda i da mu dostavi presudu na ponovno suđenje. Ukoliko je poništi drugi put, prvostepeni sud mora da donese presudu shodno presudi Vrhovnog kasacionog suda.

Protiv odluke aplecacionog suda i Vrhovnog kasacionog suda može da se uloži žalba Ustavnom sudu Republike Srbije. U parničnom postupku smatra se da je iscrpljeno i poslednje pravno sredstvo kada je doneta donošenje odluke po žalbi odnosno presude po reviziji.

5. ZAŠTITA PRAVA NA RAD PRED USTAVNIM SUDOM

5.1. Pojam

Ustavno sudska zaštita prava na rad je specijalizovani oblik zaštite osnovnih prava i sloboda u većem broju evropskih država uključujući i Republiku Srbiju. Ona se ostvaruje preko Ustavnog suda.

Osnovna i svakako najvažnija nadležnost Ustavnog suda odnosi se na zaštitu ustavnosti i normativnu kontrolu, koju tom prilikom sprovodi. Ocena ustavnosti zakona se ostvaruje, po pravilu, u obliku naknadne kontrole. U tom postupku Ustavni sud može da ukine svaki zakon ili bilo koji drugi propis koji vređa ustavne odredbe, uključujući i odredbe o ljudskim i manjinskim pravima. Za položaj Ustavnog suda u ustavnom sistemu Republike Srbije od značaja je i ustavno pravilo o prirodi i dejstvu odluka Ustavnog suda, kojim je utvrđeno da su sudske odluke konačne, izvršne i opšteobavezujuće, odnosno deluju erga omnes. [8].

Pred ustavnim sudom pravo na rad može da se štiti posredno u postupku kontrole ustavnosti zakona o radu i drugih srodnih zakona kao i neposredno podnošenjem ustavne žalbe ustavnom sudu.

5.2. Normativna kontrola

Kontrola ustavnosti definisana je kao nadležnost sudskih organa da stave van snage zakone i druge opšte akte, ako se dođe do zaključka da su oni u sukobu sa ustavom. Kontrola ustavnosti se pojavljuje kao jedna od najistaknutijih karakteristika savremenih demokratija. [9].

Ustavom Republike Srbije kontrola ustavnosti i zakonitosti Zakona o radu i srodnim zakona poverena je Ustavnom sudu. Savremeni ustavni sistem Srbije ima mešoviti sistem kontrole ustavnosti zakona, u kome istovremeno egzistiraju oba načina kontrole kao pravno moguća, s tim što je kontrola *a posteriori* pravilo, dok je kontrola *a priori* ograničena na ocenu ustavnosti zakona [10]. Kontrola ustavnosti zakona i podzakonskih akata od strane ustavnog suda, na posredan način, doprinosi zaštiti ustavnom zajemčenih prava. Ustavni

sistem uključuje više opštih ustavnih garancija koje su značajne za status ljudskih prava u celini ustavnog sistema i posebno za njihovu zaštitu. Temeljni ustavni principi na kojima počiva ustavni sistem su:

- princip vladavine prava koji podrazumeva da se vlast vrši u granicama Ustava i zakona, kao i da je podela vlasti institucionalni aranžman koji osigurava mehanizme kontrole vlasti i obezbeđuje odgovornost vlasti;
- princip socijalne pravde koji govori da je bitno svojstvo ove zajednice i socijalno odgovorna država koja garantuje socijalna prava, vodi politiku jednakih mogućnosti i posebnim merama gradi jednake pretpostavke za ostvarivanje sloboda i prava za sve građane i građanke;
- princip suverenosti građana;
- princip slobodnih i fer izbora, politički pluralizam.

Ustavni sud odlučuje o saglasnosti:

- zakona i drugih opštih akata sa Ustavom, opšteprihvaćenim pravilima međunarodnog prava i potvrđenim međunarodnim ugovorima;
- potvrđenih međunarodnih ugovora sa Ustavom;
- drugih opštih akata sa Ustavom;
- statuta i opštih akata autonomnih pokrajina i jedinica lokalne samouprave sa Ustavom i zakonom,
- opštih akata organizacija kojima su poverena javna ovlašćenja, političkih stranaka, sindikata, udruženja građana i kolektivnih ugovora sa Ustavom i zakonom.

S obzirom na trenutak u kome nadležni organ pristupa oceni ustavnosti, možemo razlikovati prethodnu (preventivnu) kontrolu i naknadnu (represivnu) kontrolu ustavnosti.

5.3. Postupak po ustavnoj žalbi

Zaštita prava na rad predstavlja opštu neposrednu zaštitu ljudskih prava, koja se pred Ustavnim sudom ostvaruje u postupku po ustavnoj žalbi. Pravo na rad je zajemčeno u članu 60. Ustava Republike Srbije. Ukoliko građani smatraju da im je povređeno ili uskrađeno pravo na rad, mogu da se Ustavnom sudu obrate Ustavnom žalbom radi zaštite svojih prava.

Ustavna žalba je najmoćniji i najefikasniji pravni mehanizam zaštite ljudskih prava koji istovremeno štiti i ustav kao deo objektivnog pravnog poretka [11].

Usvajanjem Ustava Republike Srbije (2006) ustavna žalba je prepoznata kao posebno sredstvo ustavnosudske zaštite. Ustavna žalba može biti izjavljena protiv pojedinačnih akata i radnji državnih organa i organizacija kojima su poverena javna ovlašćenja, a kojima se povređuju ili uskraćuju ljudska ili manjinska prava ili slobode zajemčena Ustavom, ukoliko su iscrpljena ili nisu predviđena druga pravna sredstva ili je zakonom isključeno pravo na sudska zaštitu. Odlučujući po ustavnim žalbama, Ustavni sud postupa kao specijalna instanca po žalbama građana po principu *inter partes* [8].

Postojanje ustavne žalbe ukazuje na pravnu superiornost ustavotvorne, originerne vlasti, jer je svakom građaninu ostavljena mogućnost da pokrene postupak pred ustavnim sudom radi kasiranja akata izvedenih javnih vlasti kojima se povređuju ustavom zajemčena prava. Na taj način ona obezbeđuje da se funkcionisanje svih javnih vlasti, uključujući i sudska, odvija u granicama objektivnog prava, tj. ustava [12].

Ustavna žalba predstavlja pravno sredstvo koje se ustanovljava u korist građana radi zaštite njihovih ustavom zajamčenih prava od strane države i drugog organa javne vlasti pod sledećim uslovima:

- da je povređeno ili uskraćeno ljudsko ili manjinsko pravo i sloboda zajamčeno članom 60. Ustava;

- da je povreda izvršena pojedinačnim aktom ili radnjom državnog organa ili organizacije kojoj je povereno vršenje javnih ovlašćenja;

- da su iscrpljena ili da nisu predviđena druga pravna sredstva za zaštitu povređenih prava, kao i u slučaju ako je zakonom isključeno pravo na sudsku zaštitu.

Ustanovljenjem nadležnosti Ustavnog suda da odlučuje o ustavnim žalbama, omogućena je neposredna ustavna zaštita ljudskih prava i sloboda. Time se sud stavio u službu zaštite prava građana i drugih nedržavnih subjekata od posledica neustavnosti i nezakonitosti odluka donetih od strane javnih vlasti.

Odlučujući po ustavnim žalbama, Ustavni sud postupa kao specijalna instanca po žalbama građana po principu inter partes, što predstavlja izuzetak u odnosu na generalno erga omnes pravilo u funkcionisanju ustavnosudske kontrole. Vršeci apstraktnu normativnu kontrolu Ustavni sud postupa u ulozi "čuvara ustava", koji se stara o poštovanju principa ustavnosti i zakonitosti, kao osnovnih elemenata pravne države, dotle se odlučivanje po ustavnim žalbama može označiti kao "ocena mikro-ustavnosti". Ustavni sud u postupku ustavnosudske kontrole kasira neustavne zakone odnosno nezakonite opšte akte, to mu se često pripisuje da se tada javlja u ulozi "negativnog zakonodavca", dok se njegovo odlučivanje po ustavnoj žalbi pojavljuje kao "pozitivna funkcija". [12].

6. ZAKLJUCAK

Zaštita prava na rad smatra se osnovim ljudskim pravom neodvojivim od demokratskog pravnog poretka. Kako veliki deo života ljudi provode na radnom mestu i u radnom okruženju, izvršavajući poslove i obavljajući rad za različite poslodavce, od izuzetnog su značaja zaštita prava koja uživaju zaposleni. jer se njihov položaj na poslu odražava na kvalitet čitavog života. Zaštiti slabiju stranu u radnom odnosu je najstarija i najvažnija funkcija zakonodavstva o radu. Svrha njegovog nastanka i postojanja do današnjih dana se nije promenila. Putem zakonske zaštite zaposlenih država teži da uspostavi ravnotežu između strana u radnom odnosu koja je, formalno izjednačenim pozicijama poslodavca i zaposlenog, pomerena u korist poslodavca. Svedoci smo svakodnevnog kršenja prava na rad. U sredstvima javnih medija, sve je više bombastičnih naslova o kršenju prava na ograničeno radno vreme, dnevni i nedeljni odmor, plaćeni godišnji odmor, pravičnu naknadu za rad i na pravnu zaštitu za slučaj prestanka radnog odnosa, nepružanja zaštite na radu trudnicama. Zaposleni iz straha od otkaza, trpe različite vidove nasilja kako sebi

i svojoj porodici uskratili i ono malo egzistencije koju sa minimalnom zaradom uspeju da ostvare.

Republika Srbija se nalazi na začelju kolone država sa najvećom stopom zaposlenosti. Takva situacija otvara mogućnost za ekonomsko iskorišćavanje zaposlenih. Tužbe kao i ustavna žalba trebalo bi da budu upotrebljene samo u krajnjoj nuždi. Neophodno je upoznati zaposlene o njihovim pravima, organizovati periodična pravna savetovanja zaposlenima. Ukoliko zaposleni znaju svoja prava i imaju sigurnost u pravosudni sistem države u značajnoj meri će se poboljšati uslovi rada.

Kako bi se poboljšala efikasnost primene propisanih zakona koja se odnose na zaposlene, neopodno je sprovesti veću unutrašnju kontrolu od strane inspekcije rada. Na taj način došlo bi do produktivnijeg rada jer bi država imala zadovoljnog radnika koji bi imao stimulaciju da radi punim kapacitetom, ne bi odlazio novac iz državnog budžeta na nadoknadu sudskih troškova.

LITERATURA

- [1] D. Stojanović *Ustavno pravo*, knjiga prva, Niš, 2009. Str. 372
- [2] A. Baltić-dr M. Despotović, cit.delo str. 143
- [3] Evropska konvencije za zaštitu ljudskih prava i osnovnih sloboda
- [4] G. Vukadinović, *Teorija države i prava druga knjiga*, Novi Sad 2007., str. 158
- [5] M. Pajvančić, *Ustavna zaštita ljudskih prava*, Novi Sad 2011, str
- [6] G. Stanković, *Građansko procesno pravo prva sveska Parnično procesno pravo*, Niš, 2010, str. 529
- [7] *Zakon o parničnom postupku Službeni glasnik 72/2011, 49/2013-odluka US, 74/2013-odluka US i 55/2014*
- [8] Maja Nastić, *Odnos Ustavnog suda i redovnih sudova*, Zbornik radova Pravni fakultet Niš, 2013 str 374
- [9] Maja Nastić, *Preventivna kontrola ustavnosti-uporedna iskustva i mogućnost primene prema Ustavu Republike Srbije*, Zbornik radova, Pravni fakultet Niš 2010, br 56, str.
- [10] *Ustav Republike Srbije Službeni Glasnik br. 98/2006*
- [11] D. Simović, D. Avramović, R. Zekavica, *Ljudska prava*, Beograd, 2013., str 320
- [12] D. Simović *Anali Pravnog fakulteta u Beogradu*, godina LX, 1/2012

SISTEMSKO INŽENJERSTVO I TEHNOLOGIJA SISTEMA ZA PODRŠKU GRUPNOG ODLUČIVANJA

SYSTEMS ENGINEERING AND SYSTEMS TECHNOLOGY TO SUPPORT GROUP DECISION MAKING

Nevena Nedeljković, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj – Tema ovog rada je primena sistemskog inženjerstva i tehnologija radi lakšeg poslovanja preduzeća na tržištu koje postaje sve zahtevnije, potrošači sve više svesniji svojih potreba, uslovi poslovanja sve teži. Sistemsko inženjerstvo i timski rad pomažu preduzeću u adaptaciji i poboljšavanju svojih performansi. Sistemsko inženjerstvo (SE) je relevantan, strukturiran i nezamenljiv intelektualni alat za istraživanje i upravljanje kompleksnim fenomenima u tehničkim i brojnim drugim disciplinama. Kada tim dobro funkcioniše dinamika i osećaj pripadanja i prihvaćenosti može da iznese ono što je "najbolje" u svakom pojedincu. Timovi mogu da unaprede rešavanje problema da stvore kreativnost, razumevanje, prihvaćenost, podršku i privrženost. Pored toga, timovi mogu da podignu moral, obezbede naklonost za udruženje, povećaju samopoštovanje, pomognu stvaranju konsenzusa i sigurnosti

Ključne reči: Sistemsko inženjerstvo, timski rad, grupno odlučivanje, informacije.

Abstract – The topic of this writing is the application of systems engineering and technology in making businesses enterprises operate easier in the market that is becoming increasingly demanding consumers being increasingly aware of their needs, business conditions getting more difficult. Systems engineering and teamwork help an enterprise in adapting and improving its performance. Systems Engineering (SE) is relevant, structured and irreplaceable intellectual tool for research and management of complex phenomena in technical as well as many other areas. When a team functions well, the dynamics and sense of being accepted and belonging to something, can bring the “best” out of every individual. Teamwork improves problem solving, encourages creativity, understanding, acceptance, support and affection for one another. In addition, teams can raise morale, provide the opportunity for collaboration, increase self-esteem, and help achieve consensus and safety.

Key words: Systems engineering, teamwork, group decision-making, information.

1. UVOD

Svaki objekat, posmatran kao sistem, sastoji se od više drugih sistema i podsistema, i nije ga moguće kreirati, projektovati i izgraditi uz učešće samo jedne inženjerske discipline.

Sistemsko inženjerstvo (Systems Engineering) je interdisciplinarna oblast inženjerstva fokusirana na razvijanje i vođenje složenih projekata kao sistema. Sistemsko inženjerstvo predstavlja disciplinu za projektovanje, kreiranje i funkcionisanje složenih sistema, a ujedno i složeniji sistem metoda, alata i analiza od samog sistema koji se kreira i izvodi. Osnovni cilj sistemskog inženjerstva je da definiše karakteristike svakog sistema i podsistema i veze između njih [1,2].

U ovom radu su pored primene sistemskog inženjerstva, predstavljene neophodne metode i alati ili tehnologije, koje pomažu sistemima (preduzećima) u razvoju.

2. SISTEMATSKO INŽENJERSTVO

Sistemsko inženjerstvo (SE) je relevantan, strukturiran i nezamenljiv intelektualni alat za istraživanje i upravljanje kom-

pleksnim fenomenima u tehničkim i brojnim drugim disciplinama. Obezbeđuje logički pristup u modelovanju poslovnih procesa, kao i procenu efikasnosti i efektivnosti primene informaciono komunikacionih tehnologija (IKT) u poslovnim sistemima.



Slika. 1. Nivoi sistemskog inženjerstva

Inženjerski menadžment se može definisati kao primena metodologije SE na sve faze životnog ciklusa proizvoda/sistema (ŽCS) - projektovanje, razvoj, implementaciju i održavanje. Sa aspekta *inženjerskog menadžmenta*, SE se može definisati kao *tehnologija upravljanja* (TU), koja kontroliše ceo evolutivni proces životnog ciklusa sistema, a rezultira *definisanjem, razvojem i implementacijom* visoko kvalitetnog, rentabilnog, korisnički prihvatljivog i na vreme završenog (po planu) inženjerskog proizvoda/sistema. Pošto se razmatra u okviru inženjeringa sistema, SE uključuje: *inženjerski menadžment sistema, procese sistema i SE metode, alate i tehnologije*.

Osnovu sistemskog inženjerstva čine:

- sistemsko mišljenje i
- sistemska analiza.

Sistemska mišljenje, glavni faktor strategije dekomponovanja kompleksnih sistema, dopunjava analitičko mišljenje i fokusira pažnju na *proces*, što zahteva modelovanje, evaluaciju i metod poboljšavanja procesa, kao i na *dinamičke strukture*, što podrazumeva da planirane sisteme treba dizajnirati i implementirati. Zahteve za modelovanje sistema u svim fazama životnog ciklusa zadovoljava *objektno orijentisano modelovanje* (OOM).

Sistemska analiza obuhvata sveobuhvatnu metodologiju za određivanje performansi sistema, ograničenja, zahteva za resursima i interakcije sa okruženjem. [1]

2.1 PROCESNI PRISTUP

U SE pristupu, *kvalitet komunikacije* sa ostalim sistemima je važan element svakog sistema. Zato se sistem može definisati i kao skup *proces* - p koji međusobno komuniciraju, što se u matematičkoj interpretaciji može izraziti relacijom:

$$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}. \quad (1)$$

Svaki p se može predstaviti skupom: D – događaja, U – uslova iz okruženja (promena, zahteva) i F – servisnih funkcija koje su rezultat izvršavanja procesa. Fi opisuju međuzavisnost *uslova (u) i događaja (d)* kroz skup *slučajeva (S)*. Skup *uslova (U) i skup događaja (D)* definišu se *formalnim modelom* sistema. *Slučaj (si)* je skup uslova i događaja koji su istovremeno ispunjeni. Promena ispunjenja uslova koja prevodi sistem iz jednog u drugo stanje naziva se *događaj*. Dakle, *formalni model* dinamičkog sistema može se predstaviti skupom:

$$(U, S, D, r), \quad (2)$$

gde je $U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ – skup uslova, $P(U) = K$ – skup mogućih kombinacija uslova, $S = (s_1, s_2, \dots, s_n)$ - K – skup slučajeva, $D = (d_1, d_2, \dots, d_n)$ – skup događaja, $r = S^T D^T S$ – relacija dostupnosti pojave događaja d.

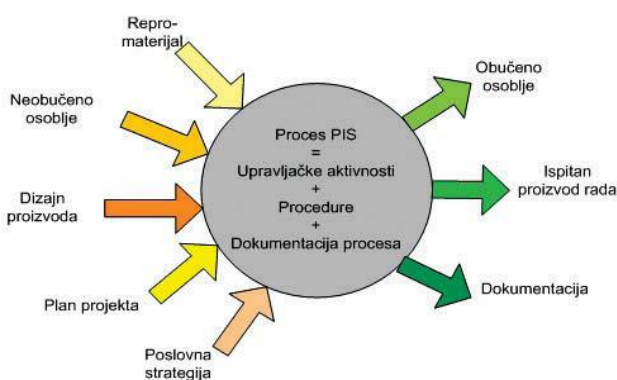
Za svaki događaj u sistemu d_D potrebno je definisati skup *preduslova* – e* i skup *postuslova* - *e. Formalni model sistema (U, S, D, r) zadovoljava načela razdvajanja, ako postoje dve funkcije - *preduslova*: $D \rightarrow K$ i *postuslova*: $K \rightarrow D$ [1].

Prvi korak u SE pristupu uključuje funkcionalnu dekompoziciju sistema na *ulazne veličine, procese, izlazne veličine i okruženje*. Očekuje se da *proces*i, koji transformišu ulazne veličine u izlazne, povećavaju ili poboljšavaju sve vrednosti

izlaznih veličina u odnosu na ulazne, zbog sinergijskog delovanja brojnih komponenti sistema, što ne mora biti uvek slučaj, pa ih je potrebno neprekidno poboljšavati.

Ulazne veličine u proces mogu biti akcije, metode, materijali, znanje i operacije i dr. *Procesi* su fundamentalni gradivni blokovi sistema, transformišu ulazne veličine u izlazne, integrišu upravljačke aktivnosti i sekvencijalno izvršavane specifične prakse, opisane kroz procedure i dokumentaciju procesa, dodaju novu vrednost i povećavaju kvalitet sistema. Procesi mogu delovati interaktivno, gde izlaz iz jednog čini ulaz u drugi, pa svaki postaje deo većeg procesa, a poslovni sistem bilo koje veličine postaje *kompleksna mreža procesa*, čiji je najviši nivo sama organizacija. *Izlazne veličine* iz procesa su očekivane (ciljne) vrednosti svih ulaznih veličina. Efektivno upravljanje procesom zahteva 4 ključne uloge:

- *spoznora*,
- *vlasnika*,
- *menadžera* i
- *izvršioca* procesa,



Slika. 2. Proces kao transformator ulaznih veličina u izlazne

Uobičajena namena SE pristupa je povećavanje efikasnosti i efektivnosti performansi procesa. Ako se proces posmatra kao integrator tri ključna atributa svakog posla: *motivisanih i osposobljenih ljudi, tehnika i alata za izvršavanje posla i metoda i procedura za sekvencijalno izvršavanje zadataka*, inherentno se nameće zahtev za *neprekidnim poboljšanjem procesa*. Prvi korak u poboljšavanju procesa je *evaluacija*, ili procena na bazi određenih kriterijuma. Da bi se procesi evaluirali i poboljšavali, pretpostavka je da se moraju izvršavati – *formalano ili neformalno*. Procesi se izvršavaju formalno ako su planirani, dokumentovani, upravljani, kontrolisani, dobro opisani i definisani, a neformalno - ako su slabo definisani, opisani i neregularno izvršavani.

3. TEHNOLOGIJSKA SISTEMA ZA PODRŠKU GRUPNOM ODLUČIVANJU

U uopštenom modelu, učesnici sesije preko softvera za SPGO imaju pristup bazi podataka i bazi modela, tokom sastanka na kome se donose odluke. Moderator grupe koordinira radom grupe. Takođe, postoji i korisnički orijentisan jezik za upotrebu SPGO koji je pristupačan moderatoru i svakom članu grupe. Bez obzira na različite konfiguracije SPGO, njegove osnovne komponente su: hardver, softver, ljudi i procedure.

Hardver SPGO - Grupi kao celini ili svakom njenom članu, mora biti omogućen pristup računaru radi prezentacije relevantnih podataka, bez obzira na specifične situacije odlučivanja. Minimalni hardverski zahtevi sistema su: U/I jedinica, procesor, veza između U/I jedinica i procesora i zajednički ekran ili monitor za svakog člana grupe. Razvijeniji sistemi mogu imati U/I terminale ili personalne računare za svakog člana grupe, više glavnih procesora, opremu za komunikaciju na veće udaljenosti (modeme) i više velikih ekrana. Prilikom postavljanja hardvera, poželjno je posedovati ekrane osjetljive na dodir, zatim hardver i softver koji omogućava prepoznavanje rukopisa ili pak dodatnu opremu za prepoznavanje govora. Ako se koristi veliki ekran, poželjno je da on bude dovoljno veliki kako bi ga videli svi članovi grupe. Ekran se može koristiti i za video konferencije između podgrupa koje se nalaze na različitim lokacijama. Snaga upotrebe računara, njegove hardverske platforme, u tesnoj je vezi sa neophodnim aplikativnim i operativnim (posebno mrežnim) softverom koji treba da se instalira.

Softver SPGO - Sistemska softverska komponenta SPGO podrazumeva sistem za upravljanje bazom podataka i bazom modela, kao i specijalizovanu korisničku aplikaciju koja podržava rad grupe. Korisnički interfejs treba da bude jednostavan i lak za upotrebu. Većina ovih sistema sadrži programske jezike visokog nivoa i interfejs sa standardnim softverom za menadžere (grafički i statistički paketi). Najznačajnija tehnološka komponenta SPGO-a je specijalno razvijen aplikativni softver, koji podržava grupu u procesu donošenja odluka. Poslovi koje obavlja softver SPGO, razlikuju se od jednog do drugog projektovanog sistema, ali uglavnom softver treba:

- da omogući kreiranje, modifikaciju i skladištenje datoteka podataka, sa dobrim helpom u toku rada;
- da omogući prezentovanje podataka u obliku raznih histograma, grafikona ili stabla odlučivanja;
- da obezbedi aktivno upravljanje bazom podataka, po preuzimanju upita od svih učesnika, kreiranje podšema za svakog korisnika (ako je neophodno), kao i kontrolu pristupa svakog korisnika, itd.;
- da omogući numeričko i grafičko objedinjavanje ideja i glasova članova grupe;
- da poseduje sistem menija, koji omogućava lak unos podataka od strane svakog člana grupe;
- da poseduje programe za specijalizovane procedure, kao što su anonimno beleženje ideja, više krugova glasanja do postizanja konsenzusa, eliminisanje ponavljanja ideja tokom brainstorming-a, sve u cilju definisanja konačnog poretka alternativa, itd.;
- da omogući razne statističke preglede prvobitnih grupnih interakcija i procena;
- da obezbedi razmenu podataka između članova grupe kao i između članova grupe i moderatora, itd .

Navedene osobine softvera za SPGO, moguće je "ispoštovati" dobrim izborom sistemskog softvera i adekvatnim razvijenim aplikativnim softverom [2].

Ljudi kao komponenta SPGO - "Ljudska" komponenta SPGO podrazumeva članove grupe i moderatora koji je odgovaran za besprekorno funkcionisanje *SPGO* tehnologije. Moderator ima veoma fleksibilnu ulogu. Prisutan je na svim

grupnim sastancima i ima ulogu da upravlja SPGO hardverom i softverom, a po potrebi da prikazuje zahtevane informacije celoj grupi, ili pojedinim članovima grupe. Konkretni njegovi zadaci zavise od scenarija po kome je razvijen SPGO. Što se tiče fiksne lokacije u jednom preduzeću, moderator može biti lociran u odeljenju za informacione sisteme ili računarskom centru. Kada se SPGO prvi put koristi, od moderatora se očekuje da koordinira aktivnosti grupe i da služi kao "most" između grupe i tehnologije. Kako članovi grupe tokom vremena ovladavaju tehnologijom, uloga i odgovornost moderatora po ovom zaduženju se lagano smanjuje. Karakteristike ljudske komponente prilikom upotrebe SPGO-a. Među njima su i sledeće karakteristike:

- članovi grupe ne mogu da se "sakriju" od generisanog ishoda upotrebom SPGO-a,
- članovi grupe brinu o procesu GO bilo da se radi o ustaljenim ili kreativnim zadacima rešavajući ih upotrebom SPGO-a,
- članovi grupe konstantno testiraju svoje ideje upotrebom SPGO-a,
- članovi grupe kontinualno razmenjuju informacije upotrebom SPGO-a, pospešujući tako kreativnost procesa odlučivanja,
- članovi grupe upotrebom SPGO-a, razvijaju svest timskog rada, itd.

Procedure SPGO - Procedure, kao komponenta SPGO, imaju zadatak da olakšavaju efektivno korišćenje tehnologije. Projektovane su sa širokim dijapazonom namene i mogu da se odnose, kako na operacije sa hardverom i softverom, tako i na složenije operacije koje mogu da uključe pravila za verbalnu diskusiju između članova grupe i redosled koraka za donošenje odluke.

U zavisnosti od načina projektovanja, osnovih potreba i aspekta razmene informacija, moguća su tri nivoa tehnologija sistema za podršku grupnom odlučivanju i to:

- I nivo - podrška procesu,
- II nivo - podrška odlučivanju,
- III nivo - pravilo "reda", odnosi se na kontrolu vremena, sadržaja diskusije, pravila glasanja, itd

SPGO prvog nivoa, obezbeđuju tehničke karakteristike za uklanjanje uobičajenih komunikacionih barijera, kao što su veliki ekrani za trenutno prikazivanje ideja, rasuđivanje prilikom glasanja, anonimno unošenje ideja i preferenci, i razmenu elektronskih poruka između članova grupe. Karakteristike SPGO-a prvog nivoa se mogu naći u salama za sastanke koje se nazivaju "sale za sastanke podržane računarima" ili "elektronske sale".

SPGO drugog nivoa, obezbeđuje modeliranje odluka i tehnika *grupiot* odlučivanja u cilju smanjivanja nesigurnosti koje se javljaju u procesu grupnog donošenja odluka. Za razliku od SPGO-a prvog nivoa koji je samo komunikacioni medij, SPGO drugog nivoa predstavlja njegovo znatno proširenje. SPGO drugog nivoa, mogu da obezbede automatizovane alate za planiranje koji se često mogu naći i u SPO. U SPGO drugog nivoa, mogu se uvrstiti i alati za modeliranje, koji podržavaju kvantitativnu i kvalitativne analize.

SPGO trećeg nivoa, karakterišu standardni obrasci za komunikaciju u grupi, generisani od strane računarske mreže. Ovi sistemi uključuju i savete eksperata u vezi sa izborom i kreiranjem pravila koja će se koristiti tokom sastanka.

Cilj SPGO je da se otkriju nove mogućnosti i pristupi donošenju odluka i da se oni prikažu grupi. To se postiže razmenom informacija u grupi. Razmena poruka može se poboljšati uklanjanjem uobičajenih barijera (SPGO prvog nivoa). U procesu odlučivanja, mogu se koristiti tehnike sistematizovanja (SPGO drugog nivoa). Na grupu se mogu primeniti pravila za kontrolu obrazaca, merenja vremena ili sadržaja informacija koje se razmenjuju (SPGO trećeg nivoa). Što je veći nivo SPGO, tehnologija mora biti savremenija, ali i uticaj na prirodan proces donošenja odluka u grupi je sve veći [3].

4. ZAKLJUČAK

Kada tim dobro funkcioniše dinamika i osećaj pripadanja i prihvaćenosti može da iznese ono što je "najbolje" u svakom pojedincu. Timovi mogu da unaprede rešavanje problema da stvore kreativnost, razumevanje, prihvaćenost, podršku i

privrženost. Pored toga, timovi mogu da podignu moral, obezbede naklonost za udruženje, povećaju samopoštovanje, pomognu stvaranju konsenzusa i sigurnosti. Sistemsko inženjerstvo obezbeđuje logički pristup u modelovanju poslovnih procesa, kao i procenu efikasnosti i efektivnosti primene informaciono komunikacionih tehnologija (IKT) u poslovnim sistemima. Spajanjem sistemskog inženjerstva se rad savremenih preduzeća poboljšava u turbulentnim uslovima tržišta. Povećava se mogućnost ispunjavanja obaveza i zadovoljavanje potreba potrošača. Sistemsko inženjerstvo i interaktivni timski rad pomažu preduzeću u adaptaciji i poboljšavanju svojih performansi.

LITERATURA

- [1] Heleta, M., *Primena koncepta sistema u procesu razvoja i projektovanja*, Univerzitet u Beogradu, 2010
- [2] Jasna, A., *Podrška upravljanju I odlučivanju*, Ekonomski fakultet Beograd, 2015
- [3] <http://www.ekof.bg.ac.rs>

BEZBEDNOST RADNE I ŽIVOTNE SREDINE I PRIMENA NOVIH TEHNOLOGIJA SAFETY AND WORKING ENVIRONMENT AND IMPLEMENTATION OF NEW TECHNOLOGIES

Magdalena Krstić Cvetković, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Sadržaj - U prvom delu rada interesovanja autora se kreću od definisanja opšteg pojma bezbednosti, definisanja pojma rizika, do podele rizika prema različitim kriterijumima, dok ono što u drugom delu ovog rada fokusira pažnju jeste procena profesionalnog rizika primenom novih tehnologija.

Ključne reči: Radna i životna sredina, bezbednost i zdravlje, rizik.

Abstract - In the first part of the interests of authors ranging from defining the general concept of security, the definition of the concept of risk, to share risks according to different criteria, while what in the second part of this paper focuses attention is the professional risk assessment of the application of new technologies.

Key words: Working and living environment, health and safety, risk.

1. UVOD

Sa ekspanzijom naučno-tehnoloških dostignuća, društvo se suočava sa brojnim opasnostima i rizicima u radnoj i životnoj sredini koji ugrožavaju bezbednost i zdravlje ljudi i okoline. U savremenim uslovima, opasnost tehnoloških katastrofa raste kako u smislu mogućnosti i verovatnoće nastanka, tako i u pogledu obima negativnih posledica i razmera moguće štete bez obzira na sprovedene preventivne mere.

U savremenim uslovima, sistem osiguranja bezbednosti u radnoj i životnoj sredini podrazumeva kompleksni pristup ovoj problematici koji uključuje praktično sve pravce društvene delatnosti: organizacione, tehničko-tehnološke, naučne, pravne, ekonomske, obrazovne, koje su usmerene na minimizaciju rizika i mogućih povreda na radu. Stvaranje bezbednog i zdravog okruženja podrazumeva permanentno učenje i organizacijsku klimu koja pospešuje učenje i motiviše na participaciju u bezbednosnim aktivnostima [3].

U ovom radu su dati neki odgovori na postavljena pitanja o tome kako ostvariti bezbednost u radnoj sredini, jer sa razvojem novih tehnologija i naučnih dostignuća, dolazi do pojave novih rizika, koju utiču na bezbednost i zdravlje u radnoj sredini.

2. BEZBEDNOST - POJAM, DEFINICIJE I PRISTUPI

Savremeno društvo javlja se kao društvo katastrofa, neizvesnosti, opasnosti, ali u isto vreme i kao društvo sigurnosti, u kome se bezbednost (bezopasnost) posmatra kao njegova centralna vrednost. Međutim, savremeni pogledi na pitanje određivanja i definisanja pojma bezbednosti još uvek nisu jedinstveni.

Engleska reč „*security*“ izvedena je iz latinskog izraza „*securitas*“, a podrazumeva osećaj ili stanje slobode od pretnje uništenjem, slobodu od opasnosti. Rečnici upućuju na 2 kategorije značenja reči „*security*“:

- Stanje bezbednosti odnosno stanje zaštićenosti ili neizloženosti opasnostima; bezbednost/osiguranje; poverenje, uverenje, sloboda od neizvesnosti; osećaj odsustva opasnosti itd.
- Sredstva za ostvarivanje bezbednosti, ono što obezbeđuje ili čini bezbednim, zaštita, odbrana, sredstvo za obezbeđivanje ili učvršćivanje pozicije itd.

U savremenim raspravama o bezbednosti se govori kao o suštinskoj potrebi, vrednosti i interesu. Radi se o najvažnijoj čovekovojoj potrebi, a težnja za njom je jedan od osnovnih motiva ljudskog ponašanja. Bezbednost kao vrednost označava društveno-istorijski uslovljeni obrazac ponašanja ljudi. Zasnovan je na želji da se postigne bezbednost koja podrazumeva odsustvo opasnosti i pretnji kao i mehanizme koji štite opstanak kako pojedinca, tako i opstanak društvenih grupa, društva, države i međunarodnog okruženja.

Istovremeno, reč je o iskonskom interesu svih pojedinaca i ljudskih zajednica. Posmatranje bezbednosti kao interesa upućuje na svesno i racionalno zalaganje pojedinca za vlastiti fizički opstanak, ali i druge dimenzije njegove društvenosti, postojanja i delovanja.

Obzirom na raznovrsnost rizika i opasnosti koji permanentno ugrožavaju ili mogu da ugroze prirodne i društvene uslove života, stanje bezbednosti nije statično, podložno je promenama i podrazumeva stalne aktivnosti kako bi se sprečile, predupredile ili otklonile opasnosti koje takvo stanje ugrožavaju.

3. POJMOVNA ODREĐENJA I DISTINKCIJE OPASNOSTI I RIZIKA

Različita mišljenja o suštini rizika objašnjavaju se, najčešće, mnogobrojnim aspektima njegove pojave i neadekvatnim korišćenjem ove važne kategorije u realnoj ekonomskoj praksi i upravljanju. Osim toga, rizik je složena pojava koja ima mnoštvo različitih, a često i protivurečnih realnih osnova.

Savremeni pristup, zasnovan na nelinearnoj dinamici, pokazuje da slučajnost nije posledica samo velikog broja različitih uzroka i složenosti sistema. Ona može biti rezultat osetljivosti sistema na početne uslove. Svojstvo osetljivosti na početne uslove karakteriše mnoge biološke, demografske, ekonomske, društvene procese. Sistemi u kojima su prisutni ovakvi procesi funkcionišu često izvan ravnotežnog stanja, a i samo ravnotežno stanje se neprekidno menja pod uticajem različitih faktora [1].

U zavisnosti od teorijskih opredeljenja i istraživačkih interesovanja, autori definišu rizik na različite načine:

- Mogućnost gubitka ili povrede, ili izlaganje takvoj mogućnosti;
- Mera verovatnoće da će se štetne posledice po život, zdravlje, materijalna dobra i životnu sredinu javiti kao rezultat neke određene opasnosti;
- Nedostatak potpune kontrole nad rezultatima primene određene alternativne radnje;
- Stanje u kome postoji mogućnost štetne devijacije u odnosu na željeni ishod.

Rizik se predstavlja kao kvantitativna vrednost koja uzima u obzir verovatnoću opasnosti i konkretne posledice njenog pojavljivanja. Na taj način, pojam „rizik“ objedinjuje dva pojma: „verovatnoća opasnosti“ i „šteta“ [2].

Rizici se mogu podeliti prema različitim kriterijumima.

Prema činiocima koji izazivaju rizik postoje:

- Biološki rizici uzrokovani živim organizmima,
- Hemijski rizici izazvani hemijskim činiocima koji prirodno postoje u sistemu ili su nastali tokom eksploatacije,
- Fizički rizici uzrokovani fizičkim komponentama.

Prema stepenu identifikacije rizici mogu biti:

- Specifični (parcijalni) rizici, koji se mogu u potpunosti identifikovati,
- Generalni (globalni) rizici, koji se ne mogu u potpunosti identifikovati.

Prema dinamici razvoja postoje:

- Udesni rizici, koji imaju veliku brzinu razvoja i oni progresivno postaju sve veći,
- Kumulativni rizici, koji se sporo razvijaju.

Prema načinu donošenja odluka za preuzimanje rizika postoje:

- Dobrovoljno preuzeti rizici,
- Nametnuti rizici.

Prema mogućnostima upravljanja mogu biti:

- Upravljivi rizici,
- Neupravljivi rizici.

Prema nivou upravljanja:

- Rizici planiranja,
- Operativni rizici.

Prema materijalizaciji efekata rizika postoje:

- Tehnološki rizici u tehnologiji,
- Rizici podrške u sistemima podrške kvalitetu,
- Rizici performansi proizvoda narušavaju kvalitet proizvoda,
- Rizici bezbednosti i zaštite zdravlja koji mogu imati negativne efekte na bezbednost i zdravlje ljudi,
- Ekološki rizici čijom se materijalizacijom narušava ekološka ravnoteža,
- Finansijski rizici koji se ispoljavaju kao finansijski gubitak.

Međutim, ukoliko se u okviru sistema radne sredine posmatraju samo kumulativni rizici u odnosu na zdravlje radnika, tada govorimo o profesionalnom riziku.

4. BEZBEDNOST RADNE SREDINE, ZAŠTITA I ZDRAVLJE NA RADU

Narušavanje čovekovog integriteta u radnoj sredini koje se manifestuje povredama na radu i profesionalnim bolestima otvorilo je brojna pitanja u vezi sa ostvarivanjem bezbednosti u radnoj sredini. S obzirom da mnogi autori definišu ljudsku bezbednost kao izostanak pretnji po zdravlje, ličnu sigurnost i dostojanstvo, jasno je da se bezbednost u radnoj sredini mora posmatrati kao integralni deo i značajan aspekt ljudske bezbednosti.

U stručnoj i pravnoj regulativi, zaštita na radu se najčešće označava kao sistem zakonodavnih, društveno-ekonomskih mera kojima se ostvaruje bezbednost i zaštita zdravlja zaposlenih i drugih lica koja imaju pravo na zaštitu na radu. Zaštita na radu je organizovana delatnost čiji je cilj da primenom određenih mera obezbedi zdravlje i život radnika od opasnosti koje prete na radu, tj. da obezbedi radnika od povreda i profesionalnih bolesti.

Zaštita na radu je svedena na ono što čini predmet tehničke, higijenske, zdravstvene i socijalne zaštite. Mere zaštite na radu obuhvataju i uslove rada kao što su: radno vreme, odmori, uslovi potrebni za rad u određenim delatnostima, plate, odmori, ishrana, prevoz i druge uslove. Zaštita na radu uključuje i posebnu zaštitu određenih kategorija lica kao što su: deca i omladina, žene, invalidi, kao i lica koja su zaposlena u određenim delatnostima [3].

Rezultati istraživanja uzroka povreda na radu i profesionalnih oboljenja doprinela su prevazilaženju tehnicističkog i ekonomističkog pristupa u razmatranju bezbednih uslova rada u širem, humanističkom sagledavanju i promišljenju ovih problema. Ovi problemi se ne razmatraju samo sa stanovišta profitabilne organizacije rada, već i sa jednog šireg civilizacijskog stanovišta.

Poslednjih decenija 20. veka, naučni i društveni razvoj uopšte, doveli su do niza promena u svetu rada: sredstvima, sadržaju, materijalima, procesu, organizaciji, tehnologiji i dr. Pored brojnih olakšica i prednosti u uslovima, sadržaju, kvalitetu rada, primetna je pojava novih opasnosti i rizika u radnoj sredini koji utiču da bezbednost u radnoj sredini postane složeniji problem ne samo za individuu, već i za društvo u celini. Kompleksni poslovni i radni sistemi, koji su rezultat naraslih društvenih potreba, sadrže ali i generišu nove rizike. Zato se kao civilizacijski zahtevi savremenog društva ističu stalno unapređivanje bezopasne tehnologije, bezbednosti u radnoj sredini i humanizacija rada koja podrazumeva unapređivanje uslova rada i kvaliteta radne sredine u cilju zaštite integriteta čoveka u procesu rada. Ključni značaj dobile su, ne same tehnologije, već njihova organizacija, usavršavanje, harmonizacija sistemskih veza među različitim socijalnim strukturama, analiza alternativnih varijanti na različitim nivoima i izbor optimalnih. S tim u vezi, rezultati koji se očekuju u procesu naučnog razvoja u neposrednoj su vezi sa prognoziranjem, predupređivanjem rizika i opasnosti, smanjivanjem posledica rizičnih događaja, jednom rečju, sa upravljanjem rizicima i povećanjem bezbednosti u radnoj sredini.

Zahtevi za uspostavljanje sistema bezbednosti i zdravlja na radu u savremenim uslovima podrazumevaju različite elemente i oblasti koje utiču na stvaranje bezbednih i zdravih radnih uslova i poboljšanje kvaliteta života savremenog čoveka. To uključuje: uvođenje principa prevencije u sprečavanju nastajanja povreda na radu i profesionalnih oboljenja; aktivno uključivanje službe medicine rada neposredno u proizvodne i radne procese; izbor predstavnika zaposlenih za bezbednost i zdravlje na radu koji ima ulogu da saraduje i učestvuje u odlučivanju po svim pitanjima bezbednosti i zdravlja na radu kod poslodavca, permanentnu edukaciju i osposobljavanje svih zaposlenih za bezbedno radno angažovanje i zaštitu zdravlja na radu.

Bezbednost i zdravlje na radu podrazumeva obezbeđivanje takvih uslova na radu kojima se smanjuju povrede na radu, profesionalna oboljenja i oboljenja u vezi sa radom i koji stvaraju pretpostavku za puno fizičko, psihičko i socijalno blagostanje zaposlenih. Suštinski posmatrano, akcenat je na prevenciji, a osnovne preventivne mere svakog poslodavca podrazumevaju: procenu rizika, izbegavanje rizika, otklanjanje rizika na izvoru, prilagođavanje rada i radnog mesta zaposlenom, zamena opasnih tehnoloških procesa ili metoda bezopasnim ili manje opasnim, davanje prednosti kolektivnom nad pojedinačnim merama bezbednosti i zdravlja na radu, prilagođavanje tehničkom napretku, razvijanje celokupne koherentne politike prevencije, odgovarajuće osposobljavanje zaposlenih za bezbedan rad kao i postupci usmereni ka poboljšanju kvaliteta radne sredine [4].

Procena rizika treba da omogući minimizaciju mogućnosti da zaposleni ili okruženje budu ugroženi tokom aktivnosti u vezi sa procesom rada. Procena rizika podrazumeva realizaciju niza aktivnosti čiji se tok može posmatrati u okviru sledećih faza:

- U prvoj fazi se prikupljaju informacije i u kojim izvorima se mogu naći potrebne informacije,
- Druga faza se odnosi na identifikaciju opasnosti,
- Treća faza je procena rizika koji proizilazi iz opasnosti,

- Planiranje aktivnosti za eliminisanje ili smanjenje rizika koji proizilazi iz opasnosti obavlja se u četvrtoj fazi,
- Peta faza podrazumeva dokumentovanje procene rizika.

Kvalitet radne sredine podrazumeva mikroklimu koja ne utiče na smanjenje radne aktivnosti, sredstva za rad koja zahtevaju minimum čovekovog fizičkog naprezanja, osmišljenu mehanizaciju kojom rad ne dobija karakter besmislene aktivnosti, takvu hemizaciju proizvodnog procesa koji omogućava punu zaštitu zdravlja radnika, takvu organizaciju rada u kojoj čovek ima mogućnosti ne samo da upravlja i kontroliše proces rada, već i da se iskazuje kao stvaralačko biće u estetski uređenoj radnoj sredini. Ovako uređena radna sredina obezbeđuje zaštitu integriteta čoveka uz poštovanje ljudskog dostojanstva odnosno ostvarivanje bezbednosti u radnoj sredini i zaštitu zdravlja na radu, kao fundamentalne vrednosti svakog pojedinca i zajednice u celini.

5. PROCENA PROFESIONALNOG RIZIKA I NOVE TEHNOLOGIJE

Procena profesionalnog rizika zahteva njegovo razmatranje u kontekstu karakteristika civilizacijskog rizika u savremenom društvu, uz vođenje računa o sadržaju i karakteru rada u informacijskoj radnoj sredini. U ovakvom pristupu posebno treba imati u vidu tri karakteristike civilizacijskog rizika.

Prvo, nivo dozvoljenog rizika nije moguće potpuno odrediti, on je raznovrstan i do kraja nisu predvidive sve posledice zbog mogućnosti brže preobrazive savremene tehnologije i zato se u njegovom sagledavanju ne mogu koristiti kategorije statističke verovatnoće.

Drugo, savremene tehnološke opasnosti koje se iskazuju kao civilizacijski rizik nisu geografski ograničene, mogu zahvatati velike površine, imaju početke ali ne i vidljiv kraj i utiču kako na sadašnja tako i na buduća pokolenja.

Treće, tehnološke opasnosti nastaju, kako je dosadašnje iskustvo pokazalo ne samo kao neizbežan rezultat tehnološkog razvoja, već i kao posledica neodgovornosti ljudskog faktora.

Polazeći od ovih karakteristika civilizacijskog rizika u procesu procene rizika treba izaći iz okvira sporih kategorija u procenivanju oblika narušavanja integriteta čoveka u radnoj sredini. Pre svega treba uvažiti promene koje nastaju u shvatanju radne sredine i radnog vremena. Naime, fleksibilizacija radnog mesta i radnog vremena briše granice između rada i nerada. Potrebno je, uzimajući u obzir ceo kompleks socijalnih, političkih moralnih, i psiholoških problema rizika, novo kritičko promišljanje oblika narušavanja integriteta čoveka u vezi sa radom, naknade za njihovo trpljenje i postupke za njihovo izostajanje, odnosno ne nastupanje. U ovakvom postupku, i sa izloženog stanovišta procene profesionalnog rizika potrebno je svestrano proučavanje informacijske tehnologije, kompjutera, složenih robotizovanih i polurobotizovanih sistema, koji će omogućiti da se uzmu u obzir ne samo tehnološki ili ekonomski, već i socijalni i drugi momenti, koji uglavnom opredeljuju funkcionisanje takvih sistema, a čije evidentiranje daje mogućnost da se izvrši obučavanje ponašanja u ekstremnim situacijama, kako ne bi nastupile negativne posledice rizika. Ova proučavanja treba da budu kako u funkciji ostvarivanja bezbednog rada, tj zaštite od profesionalnog rizika, tako i u funkciji razvoja.

6. ZAKLJUČAK

Ubrzani tempo naučno-tehničkog razvoja, socio-ekonomskih promena, pluralizam vrednosti i novonastali uslovi života u savremenosti dovode do neravnoteže između potreba i realnosti u svim sferama društvenog života i rada. Savremeni bezbednosni izazovi, rizici i pretnje učinili su aktuelnim interesovanja za probleme bezbednosti u različitim organizacijama bez obzira na njihovu delatnost i delokrug rada. U savremenim uslovima, uspeh poslovanja i konkurentnost organizacija posmatra se u tesnoj vezi sa bezbednošću u radnoj i životnoj sredini [5].

Osnovni cilj svih strategija bezbednosti i zdravlja na radu jeste unapređenje i očuvanje zdravlja radnika, odnosno utvrđivanje uslova rada, radi sprečavanja povreda na radu. Sistematsko prikupljanje svih raspoloživih informacija, kao i obezbeđivanje interdisciplinarnog pristupa je osnovni preduslov za smanjenje broja povreda na radu.

LITERATURA

- [1] Anđelković B., Profesionalni rizik – teoretska osnova, Ocena profesionalnog rizika i zaštita zdravlja, Zbornik radova, Institut zaštite, ekologije i informatike, Banja Luka, 2004.
- [2] Stanković M., Savić S., Anđelković B., Sistemska analiza i teorija rizika, Zaštita Press, Beograd, 2002.
- [3] Nikolić Vesna, Živković Nenad, Bezbednost radne i životne sredine, vanredne situacije i obrazovanje, Fakultet zaštite na radu u Nišu, Niš, 2010.
- [4] Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu, ("SL. Glasnik RS", br. 101/2005 I 91/2015)
- [5] Živković S., Motivacija za zaštitu na radu, Fakultet zaštite na radu u Nišu, Niš, 2008.

REŠAVANJE PROBLEMA PRENOSA TOPLOTE PRIRODNOM KONVEKCIJOM U VENTILISANOM KOSOM KROVU NUMERIČKIM I EKSPERIMENTALNIM PUTEM SOLVING THE PROBLEM OF HEAT TRANSFER IN A NATURALLY VENTILATED INCLINED ROOF BY NUMERICAL SIMULATION AND BY EXPERIMENT

Dragana Temeljkovski, Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, Niš.
Dragan Temeljkovski, Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, Niš

Sadržaj - Termalne karakteristike omotača zgrade imaju veliki uticaj na energetske performanse zgrade, kao i na termički komfor unutar zgrade. Krov, kao deo omotača zgrade, između ostalog, u letnjem periodu omogućava zaštitu od termalnih oštećenja uzrokovanih uticajem sunčevog zračenja. Da bi se poboljšali efekti termičke zaštite koriste se ventilisani krovovi kod kojih se ventilacioni sloj nalazi odmah ispod krovnog pokrivača. Prednost ventilisanog krova ogleda se u smanjenju toplotnog opterećenja zgrade usled kombinovanog efekta senčenja i odvođenja toplote prirodnom konvekcijom kroz zagrejani kanal. Razvijeni model i predložene korelacije su primenljivi za energetske analize i drugih otvorenih šupljina u zgradama, kao što su ventilacione fasade, solarni dimnjaci i građevine sa integrisanim fotonaponskim ćelijama.

Ključne reči: ventilisani crep, ventilisani krov, prirodna ventilacija, modelovanje prenosa toplote.

Abstract - The thermal feature of a building envelope is a major requirement for guaranteeing thermal comfort. The roof is a part of the building envelope which provides protection from thermal damage incurred by the sun. To enhance this protection ability, one can consider the use of a ventilated roof, which has a ventilation layer known as the cavity, beneath the roof cover panel. The advantage of the ventilated roof is reflected in reducing the heat load of a building due to the combined effect of shading and heat transfer by natural convection through the heated channel. The developed model and proposed correlations are applicable to the design and energy analysis of other open-ended cavities in buildings as well, such as ventilated facades, solar chimneys, and building-integrated photovoltaics.

Key words: Ventilated tile, Ventilated roof, Natural ventilation, Heat transfer modeling.

1. UVOD

U ovom radu, numerički su ispitivani uticaji na toplotne performanse prirodno ventilisanih krovova sledećih parametara: debljina ventilacionog kanala, nagib krova, veličina izlaznih otvora i apsorpcioni koeficijent spoljne površine krova. U numeričkim analizama razmatran je slučaj prenosa toplote prirodnom konvekcijom u ventilisanom kosom kanalu grejanom sa gornje strane, kako bi se što vernije simulirale termičke karakteristike ventilacionih krovova u letnjem periodu. Za postavljeni model prirodne konvekcije u ventilisanom kosom krovu pretpostavljeni su i definisani granični uslovi. Eksperimentalna verifikacija modela služila je da izmerimo pretpostavljene granične uslove te time učinili korektnom numeričkom simulacijom.

2. PREGLED LITERATURE

Poslednjih godina, prirodno ventilisani krovovi su široko izučavani zbog svojih izuzetnih zasluga u smanjenju zračenja solarne toplote i poboljšanja termalnog komfora unutar zgrada tokom leta. Ventilisani kosi krov s ventilacionim crepom razmatran u ovom radu sastoji se iz klasične krovne konstrukcije s vazdušnom šupljinom, otvorenom s jedne strane, dok sa druge strane vazduh izlazi kroz otvor

ventilacionog crepa. Ulazni protok se formira unutar krovne šupljine zbog potisne sile, koja doprinosi izbacivanju (nošenju) dela akumulirane toplote, akumulirane u krovu, i smanjenju prenosa toplote u unutrašnjost zgrade.

Pregledom literature utvrdili smo da su mnoge eksperimentalne i teorijske analize sprovedene kako bi se procenilo termalno ponašanje prirodno ventilacionih krovova.

Većina eksperimentalnih analizaventilacionih krovova podrazumevala su merenja temperature krovnih površina, temperature vazduha i brzine u ventilacionom kanalu, ili toplotnog fluksa [1-6].

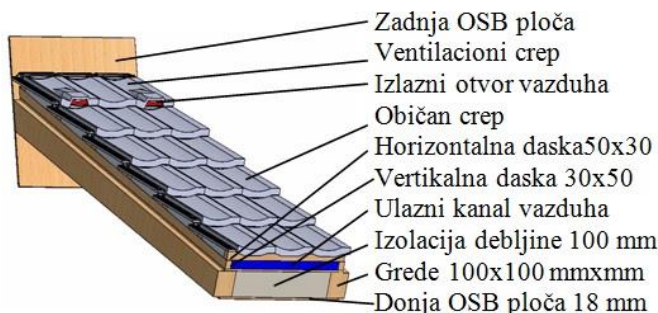
Teorijske analize su sprovedene kako bi se analizirale termičke karakteristike prirodno ventilacionih kosih krovova. Računarska tehnikadinamike fluida (CFD) često je korišćena za predviđanje indukovane temperature protoka vazduha, kao i brzine u ventilacionim krovovima [7-13].

3. RAZVOJ MODELA

Za analizu je izabrana konstrukcija krova, koja se sastoji od ravne OSB ploče debljine 18 mm, koja je postavljena pod uglom od 30 stepeni. Na rastojanju od 60 cm postavljene su 4 grede, dimenzija 100x100 mm, između kojih se nalazi

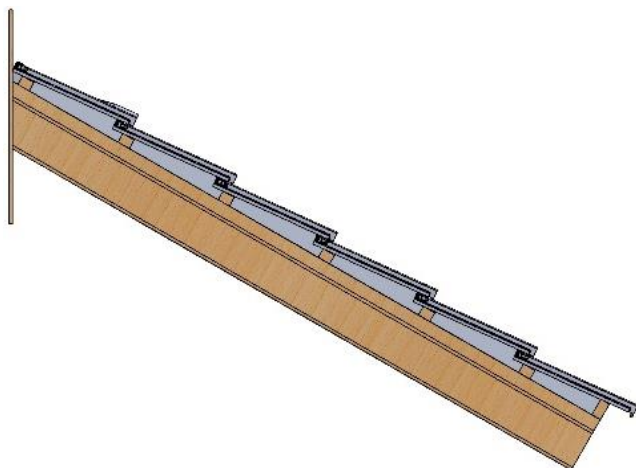
izolacija - kamena vuna, debljine 100 mm. Preko grede postavljena je OSB ploča debljine 18 mm. Preko svake grede postavljena je vertikalna daska dimenzija 30x50 mm, koja nam obezbeđuje da ce visina ulazne šupljine krova biti 600x50 mm. Poprečno su postavljene daske 50x30 mm na rastojanju koje je definisao proizvođač crepa Mladost Leskovac. Poređano je 8 redova crepa, gde se u zadnjem redu postavljao ventilacioni crep, dva komada na 600 mm sirine.

Za analizu ce se posmatrati 3 reda crepa, sto je prikazano na slici 1.



Slika 1. Model krova.

Da bi obezbedila da izlaz vazduha bude kroz ventilacione crepove sistem je sa zadnje strane zatvoren OSB pločom debljine 18 mm na koju se naslanja zadnji red crepova, sto je prikazano na slici 2.



Slika 2. Model krova, pogled sa strane.

4. MATEMATIČKI MODEL – JEDNAČINE ODRŽANJA

Razmatraće se dvodimenzionalni ravanski tok u x-z ravni. Osnovne jednačine održanja imaju sledeće razvijene oblike:

- Jednačina kontinuiteta:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho v) = 0, \quad (1)$$

- Jednačina kretanja u x pravcu (u):

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u u) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho u v) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left[(\mu + \mu_t) \frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[(\mu + \mu_t) \frac{\partial u}{\partial z} \right] - \frac{2}{3} \rho \frac{\partial k}{\partial x} \quad (2)$$

- Jednačina kretanja u z pravcu (v):

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho v v) = -\frac{\partial P}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left[(\mu + \mu_t) \frac{\partial v}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[(\mu + \mu_t) \frac{\partial v}{\partial z} \right] - \frac{2}{3} \rho \frac{\partial k}{\partial z} + (\rho - \rho_0) g \quad (3)$$

- Energetska jednačina:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u T) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho v T) = \frac{\partial}{\partial x} \left[\left(\frac{\mu}{Pr} + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial T}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\left(\frac{\mu}{Pr} + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial T}{\partial z} \right] \quad (4)$$

Raspodela kinetičke energije turbulencije k i brzine disipacije ε određuju se sledećim jednačinama:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u k) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho v k) = \frac{\partial}{\partial x} \left[(\mu + \mu_t) \frac{\partial k}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[(\mu + \mu_t) \frac{\partial k}{\partial z} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon \quad (5)$$

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho v \varepsilon) = \frac{\partial}{\partial x} \left[(\mu + \mu_t) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[(\mu + \mu_t) \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (6)$$

Gde je μ_t turbulentna viskoznost koja iznosi $\mu_t = \rho C_\mu k^2/\varepsilon$, G_b termalna produkcija kinetičke energije turbulencije data izrazom $G_b = \beta g_i \frac{\mu_t}{\sigma_t} \frac{\partial T}{\partial x_i}$, G_k standardni produkcionni član mehaničke turbulencije date izrazom:

$$G_k = \mu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{2}{3} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \quad (7)$$

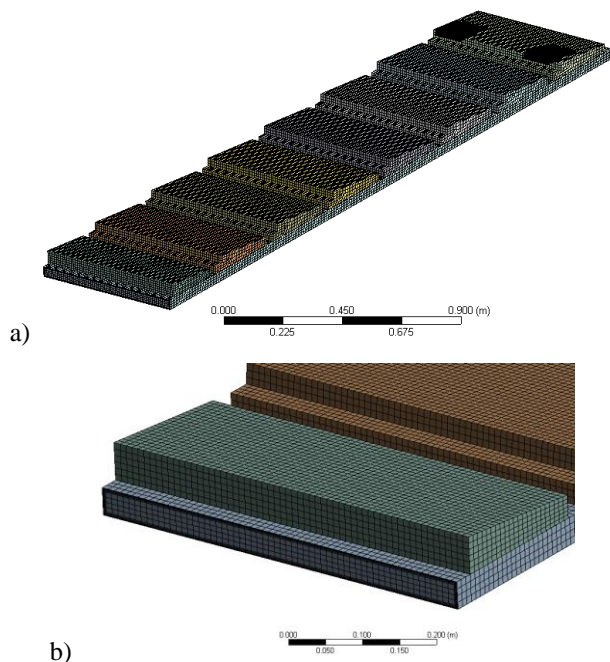
Iz [15] uzete su vrednosti za konstante: $C_{1\varepsilon} = 1.44$, $C_{2\varepsilon} = 1.92$, $C_{3\varepsilon} = 1$, $C_\mu = 0.09$, $C_\mu = 0.09$, $\sigma_k = 1.0$ i $\sigma_\varepsilon = 1.3$.

5. RAČUNARSKI ALATI I VELIČINA MREŽE

Program ANSYS CFX 15 je odabran za CFD računarski kod za procenu strujanja fluida kroz ventilisani krov. Ovaj softver je izabran zbog lakoće kojom je moguće napraviti model za analizu. Računarski kod ANSYS CFX koristi postupak konačne zapremine kako bi rešio Navijer-Stouksove jednačine strujanja fluida pomoću primitivnih promenljivih poput brzine (w_x , w_y , w_z) i pritiska. Pomenuti računarski kod sadrži razne modele turbulencije [14] od kojih je k - ε model izabran za rešavanje goreopisanog numeričkog problema. k - ε modelom se izračunava turbulentna viskoznost (μ_t) kao funkcija turbulentne kinetičke energije (k) i stope rasipanja turbulencije (ε). Jednačine strujanja fluida sadrže i viskozni član kako bi se u razmatranje uzelo i trenje fluida.

Mreža konačnih elemenata je načinjena od ge-ometrijskog modela krovnog prostora fluida upotrebom patch-conforming metode. Određeno je da veličina elementa bude 20 mm. Zgusnuta je mreža u blizini čvrste površine, gde prvi sloj ima debljinu od 1 mm i stopu rasta od 1,2. Parametri kvaliteta mreže (ugao ortogonalnosti, faktor ekspanzije i odnos dimenzija) nalaze se u dozvoljenom opsegu kada je u pitanju rešavač sa dvostrukom preciznošću. Numerička mreža za prostor fluida ventilisanog krova sastoji se od 607.582 prizmatičnih elemenata.

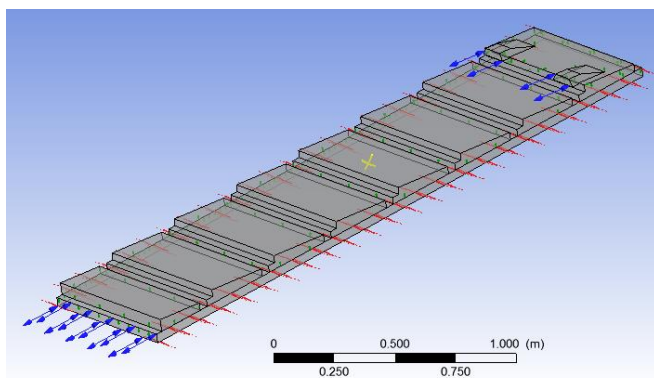
Na slici 3a možemo da vidimo mrežu za prostor fluida ventilisanog krova, dok slika 3b prikazuje detalje mreže u neposrednoj blizini zida (krovne konstrukcije). Detalji izgleda numeričke mreže ventila u ekstremno otvorenom položaju dati su na slici 3a, dok je prostor blizu zida prikazan na slici 3b.



Slika 3. Numerička mreža.

5.1. POSTAVKA MODELA I GRANIČNI USLOVI

Analiza je urađena kao analiza stabilnog stanja sa modelom uzgona aktiviranim pri referentnom pritisku od 1 atm. Termofizičke karakteristike vazduha kao realnog stišljivog fluida preuzete su iz CFX baze materijala (temperatura vazduha je 25 °C).



Slika 4. Granični uslovi modela.

Dva simetrična granična uslova su definisana na levoj i desnoj strani modela kako bi se uzela u obzir činjenica da je samo jedan deo krova zapravo modeliran. Veza domena fluida i crepa definisan je kao zid bez klizanja čije su neravnine zanemarene (glatki zid). Zagrevanje kao posledica prenosa sunčevog zračenja kroz crep ka domenu fluida definisano je pomoću spoljašnje temperature zida i koeficijenta prenosa toplote.

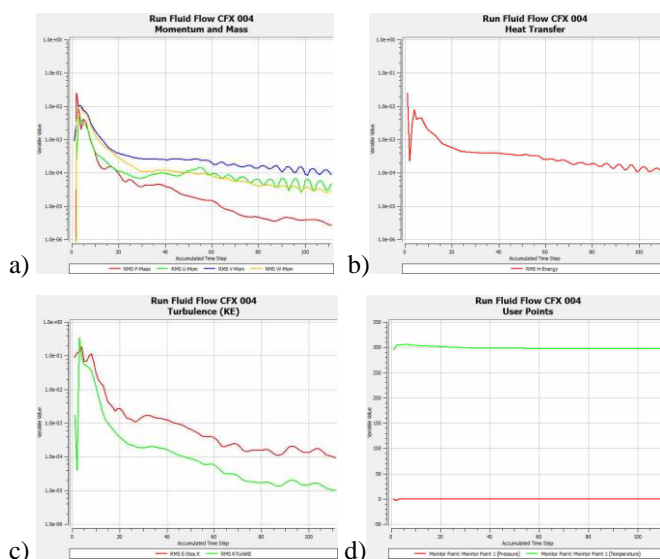
Pregled postavke simulacije dat je u tabeli 1.

Tabela 1. Pregled podešavanja simulacije

Parametar	Vrednost/podešavanja
Tip analize	Stabilno stanje
Karakteristike vazduha, °C	Vazduh na 25
Termodinamičko stanje	gas
Temperatura okruženja, °C	22
Referentni pritisak, atm	1
Model prenosa toplote	Totalna energija
Režim protoka donjeg otvora	podzvučni
Pritisak donjeg otvora, Pa	0
Temperat. donjeg otvora, °C	22
Turbulencija donjeg otvora	Nizak (5%)
Režim protoka otvora ven.kan.	podzvučni
Pritisak otvora ven. kanala, Pa	0
Temperatura otvora v. kan., °C	22
Turbulencija otvora ven.ana.	Nizak (5%)
Masa i moment zida crepa	Neklizajući zid
Hrapavost zida crepa, mm	0 (gladak zid)
Koeficijent kretanja toplote zida crepa, W/m ² K	20
Temperat. spolj.zida crepa, °C	45
Masa i moment zida tavanice	Neklizajući zid
Hrapavost zida tavanice, mm	0 (gladak zid)
Koeficijent kretanja toplote zida tavanice, W/m ² K	10
Tempera.spo. zida tavanice, °C	24
Numerička turbulencija	Visoka rezolucija
Schema advекcije	Visoka rezolucija
Kontrola izvršenja	Dvostruka preciznost
Kriterijum konvergencije	RMS $\leq 10^{-4}$
Rezidualni cilj (meta)	(turbulencija $\leq 10^{-4}$)

6. NUMERIČKI REZULTATI I DISKUSIJA

Konvergencija numeričkih rešenja vrednosti pritiska i temperaturnog polja su prikazani na slici 5. Kriterijum konvergencije za moment i masu (sl. 5a) i prenos toplote (sl. 5b) je da koren srednjeg kvadrata ostatka ostalih numeričkih jednačina pada ispod 10^{-4} . Za jednačinu turbulencije (sl. 5c) isti kriterijum konvergencije zahteva postizanje vrednosti manje od 10^{-4} .

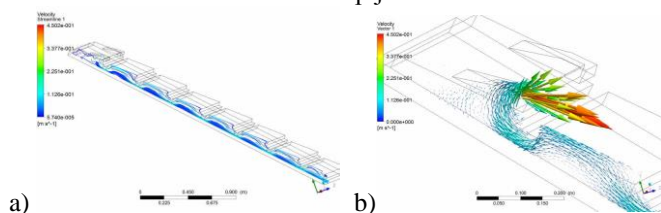


Slika 5. Konvergencija numeričkih rešenja.

Na slici 5d možemo videti da u kontrolnim tačkama vrednosti za temperaturu i pritisak ne variraju, čime se potvrđuje konvergencija numeričkih rešenja.

Studija nezavisnosti mreže je takođe izvedena kako bi bili sigurni da je i rešenje nezavisno od rezolucije mreže.

Polje brzine u ventilacionoj šupljini prikazano je na slici 6. U gornjem području izlaznog dela ventilacionog crepa dolazi do značajnog ubrzanja strujica fluida, vrednost dostiže maksimalnu brzinu od 0,4502 m/s. Kako se naš kanal sastoji od različitih preseka duž cele svoje dužine, zbog različitog poprečnog preseka crepa i ventilacionog crepa, postoji neželjeni tok ili turbulencija, slika 6a. Primećeno je da su usmerene strujice fluida nakon prolaska kroz izlaz ventilacionog crepa maksimalnom brzinom koncentrisane na veoma malom izlaznom prostoru na zidu, slika 6b, nakon čega zagrejan vazduh izlazi iz ventilacione šupljine.



Slika 6. Granični uslovi modela.

7. EKSPERIMENTALNA VERIFIKACIJA MODELA

Po modelu definisanom u poglavlju 3 ovog rada napravljen je realan model. Korišćeni su crepovi domaćeg proizvođača "MLADOST" Leskovac i to kao običan crep KONTINENTAL – LUX i za ventilaciju VENTILACIONI CREP za namenu provetravanja krova i sprečavanje kondenzacije. Korišćena je i KROVNA FOLIJA istog proizvođača.



Slika 7. Realan model krova.

Obzirom na vremenske prilike planira se da se meseca maja 2017. godine pa do septembra 2017. godine sprovedu eksperimenti. Eksperimenti će se sprovesti kada imamo uzastopno dosta sunčanih dana što će nam omogućiti realne podatke za pretpostavljene granične uslove.

8. ZAKLJUČAK

U radu su razmatrane termičke karakteristike ventilisanih kosih krovova, grejanih sa gornje strane u letnjem periodu. Cilj je bio dobijanje maksimalnih brzina struje usled konvektivne razmene toplote i uticaja gravitacije, pri čemu dolazi do povećanja temperature vazduha u kanalu na izlaznom delu ventilisanog krova.

Program ANSYS CFX 15 je odabran za CFD računarski kod za procenu strujanja fluida kroz ventilisani krov.

Ovaj softver je izabran zbog lakoće kojom je moguće napraviti model za analizu. Računarski kod ANSYS CFX koristi postupak konačne zapremine kako bi rešio Navijer-Stouksove jednačine strujanja fluida pomoću primitivnih promenljivih poput brzine i pritiska. Pomenuti računarski kod sadrži razne modele turbulencije od kojih je k-ε model izabran za rešavanje goreopisanog numeričkog problema. k-ε modelom se izračunava turbulentna viskoznost kao funkcija turbulentne kinetičke energije i stope rasipanja turbulencije. Jednačine strujanja fluida sadrže i viskozni član kako bi se u razmatranje uzelo i trenje fluida. Analiza je urađena kao analiza stabilnog stanja sa modelom uzgona aktiviranim pri referentnom pritisku. Termo-fizičke karakteristike vazduha kao realnog stišljivog fluida preuzete su iz CFX baze materijala.

LITERATURA

- [1] Dimoudi A, Androutsopoulos A, Lykoudis S. Summer performance of a ventilated roof component. *Energy Build* 2006;38:610e7.
- [2] Puangsombut W, Hirunlabh J, Khedari J, Zeghamati B, Win MM. Enhancement of natural ventilation rate and attic heat gain reduction of roof solar collector using radiant barrier. *Build Environ* 2007;42:2218e26.
- [3] Lai C-m, Huang JY, Chiou JS. Optimal spacing for double-skin roofs. *Build Environ* 2008;43:1749e54.
- [4] Chang P-C, Chiang C-M, Lai C-M. Development and preliminary evaluation of double roof prototypes incorporating RBS (radiant barrier system). *Energy Build* 2008;40:140e7.
- [5] Sunwoo L, Sang Hoon P, Myong Souk Y, Kwang Woo K. An experimental study on airflow in the cavity of a ventilated roof. *Building and Environment* 2009;44:1431e9.
- [6] Susanti L, Homma H, Matsumoto H. A naturally ventilated cavity roof as potential benefits for improving thermal environment and cooling load of a factory building. *Energy Build* 2011;43:211e8.
- [7] Roels S, Deurinck M. The effect of a reflective underlay on the global thermal behaviour of pitched roofs. *Build Environ* 2011;46:134e43.
- [8] Biwole PH, Woloszyn M, Pompeo C. Heat transfers in a double-skin roof ventilated by natural convection in summer time. *Energy Build* 2008;40:1487e97.
- [9] Chami N, Zoughaib A. Modeling natural convection in a pitched thermosyphon system in building roofs and experimental validation using particle image velocimetry. *Energy Build* 2010;42:1267e74.
- [10] Gagliano A, Patania F, Nocera F, Ferlito A, Galesi A. Thermal performance of ventilated roofs during summer period. *Energy Build* 2012;49:611e8.
- [11] Miller W, Keyhani M, Stovall T, Youngquist A. Natural convection heat transfer in roofs with above-sheathing ventilation. *Thermal performance of the exterior envelopes of buildings*; 2007.
- [12] Ciampi M, Leccese F, Tuoni G. Energy analysis of ventilated and microventilated roofs. *Sol Energy* 2005;79:183e92.
- [13] Patania F, Gagliano A, Nocera F, Ferlito A, Galesi A. Thermofluid-dynamic analysis of ventilated facades. *Energy and Buildings* 2010;42:1148e55.
- [14] ***ANSYS CFX 13.0, Theory manual

ВОЗМОЖНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ СОСКЛАДЧАТОГО ГРАНИТООБРАЗОВАНИЯ ДОКЕМБРИЯ

Пири Светлана Дмитриевна, к.г.-м.н., доцент кафедры «Городского кадастра и инженерных изысканий»,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова, г.Белгород

Аннотация: В статье рассмотрены на основе анализа исследований некоторые закономерности и условия синтетектонического гранитообразования в докембри. В частности, что в течение докембрия оно происходило в двух формах в зависимости от типов тектонических структур: внедрения гранитных батолитов и гранитизации инфра- и супракрустальных комплексов с образованием гранитогнейсовых антиформ и куполов облекания, а также, интрузивный гранитоидный магматизм проявлялся в относительно приподнятых блоках инфракрустальных комплексов сопряженных с более ранними вулканическими троговыми структурами зеленокаменных поясов. Анализ выполнен на примерах Африканских геологических образования подобных структурам Курской магнитной антмалии.

Ключевые слова: интетектоническое гранитообразование, докембрий, гранитоидный магматизм, зеленокаменные пояса.

Различным аспектам складчатого гранитообразования посвящены многие сотни работ. Большинство из них относятся к гранитам поясов складчатости Фанерозоя, для которых выявлены определённые общие закономерности. Для гранитов докембрия такие закономерности не были установлены, и это обстоятельство явилось одной из главных причин разработки именно этого вопроса, тем более, что это связано с металлогенными образованиями, которые имеют место при докембрии КМА.

При изучении многочисленных материалов, на базе древних структур гранитообразования, имеющих отношение к названной теме, были выявлены конкретные особенности складчатого гранитообразования докембрия.

В докембрии синтетектонический (складчатый) интрузивный гранитоидный магматизм развивался в пространственной ассоциации с зеленокаменными поясами трогового типа, и смещался от них на поднятия дозеленокаменных (инфракрустальных) комплексов, с увеличением масштабов и уменьшением меланократовости. Эта закономерность гранитоидного магматизма была обусловлена миграцией очагов плавления от мантийной области в открытых (разломных) системах до верхнекратовой области в закрытых (блоково-глыбовых) системах.

Для выяснения тектонических обстановок докембрийского гранитообразования необходимо было рассмотреть формационный состав складчатых супракрустальных комплексов, именуемых зеленокаменными поясами, поскольку именно в этих комплексах запечатлены особенности, условно говоря догранитного развития древних складчатых сооружений.

Одним из наиболее изученных и показательных в этом плане для раннеархейского интрузивного

гранитообразования является район Барбертон в Южной Африке. В этом районе в шите древнейшего Каапвальского кратона расположен крупный зеленокаменный пояс Барбертон.

Здесь выделяются гнейсовый комплекс протокры, комплексы пояса Барбертон и граниты. Разрез состоит из трех толщ: нижний вулканический (группа Онвервайт 3,57 – 3,5 млрд. лет), средний вулканогенно-осадочный (группа Фиг-Три 3,5 – 3,2 млрд. лет) и верхний осадочный молассового типа (группа Модис 3,2 млрд. лет). Толщи разделены угловыми несогласиями, из которых более значительными являются верхние.

Судя по строению разреза, складчатый пояс Барбертон образовался в конце раннего Архея и строгой структуры длительного развития.

Существенно иной разрез имеет расположенный севернее зеленокаменный пояс Мурчисон. Для него характерны бимодальные (риолит-базальт) формации.

Складчатые граниты расположены в пределах белых полей, соответствующих комплексам древнейшей коры и практически не заходят в пределы зеленокаменного пояса Барбертон. Таким образом, вырисовывается четкое пространственное разграничение вулканической троговой структуры зеленокаменных поясов и главных плацдармов гранитообразования. Однако этим соотношением структуры пояса и гранитов не ограничиваются.

Изучение разрезов, относящихся к южному окончанию пояса Барбертон, показали, что более ранние диорит-гранодиориты (Узубу 3,2 млрд. лет) внедрились непосредственно около пояса. Более поздние граниты (Мпулузи), образующие главные батолиты (3,1 млрд) внедрились в инфракрустальный комплекс на большом расстоянии от пояса Барбертон. Это свидетельствует о смещении раннеархейского гранитообразования от

зеленокаменного пояса на массивы более древнего комплекса.

Сходную картину в размещении и последовательности формирования синтетектонических гранитов архея можно наблюдать в фундаменте Зимбабвийского кратона, вскрытого большей частью в его крупном шитовом поднятии.

Здесь граниты позднего архея прорывают древнейший (т.н. «досебаквийский») гнейсовый комплекс (> 3,6 млрд. лет), и лишь на небольших участках достигают разноориентированные зеленокаменные пояса раннего (~3,0 млрд. лет) и позднего (2,7 - 2,6 млрд. лет) архея, сложенных вулканогенно-осадочными толщами (серий Нижний и Верхний Булавай, соответственно).

Из примерно 50 разноориентированных зеленокаменных поясов, их отличает строение более древних вулканогенно-осадочных толщ и, в частности, соотношением изверженных пород разного состава. Судя по этому, большей частью, зеленокаменные пояса имеют первично-троговое происхождение.

Относительно более поздние и лейкократовые граниты расположены в центральных частях огромных батолитов, тогда как периферийные части последних образуют более ранние мезократовые граниты. Это указывает на смещение позднеархейского гранитоидного магматизма от зеленокаменных поясов на массивы древнего комплекса основания.

Аналогичные примеры можно обнаружить в разрезах Гвинейского щита Западно-Африканского кратона.

Здесь выделяется гранитно-зеленокаменная область раннего протерозоя (эбурниды).

Складчатые структуры эбурнид сложены метаморфическими толщами двух структурно-формационных типов. Это преимущественно метавулканические толщи (метабазальты, метаандезиты и их туфы) образующие узкие зеленокаменные пояса.

С наиболее крупными из них совпадают прогибы, сложенные умеренно дислоцированными моласоидами серии Тарквы. Последние залегают на метавулканиках Бирима большей частью с резко выраженным угловым несогласием и в крупнейшем поясе Престса-Кононго прорваны позднее- и послескладчатыми долеритами с возрастом 2,0 – 1,9 млрд. лет.

Складчатые толщи Бирима другого типа, отчасти флишевого строения, состоит из псаммо-пелитов, туфов, туффитов, кремнистых аргиллитов и других терригенных пород, распространены на значительно более обширных пространствах за пределами зеленокаменных поясов. Согласно последним представлениям, метавулканические и метаосадочные толщи Бирима являются разновозрастными, или имеют смещающиеся по латерали стратиграфические соотношения.

Различия строения вулканических толщ в отдельных эбурнейских зеленокаменных поясах, выражаются в присутствии в некоторых из них «унаследованных» синорогенных прогибов, до- и послескладчатых базитовых интрузий – свидетельствующих развитии этих структур и мигматито-гнейсов архея.

Здесь складчатые толщи прорваны батолитами синтетектонических гранитов двух генераций. К более

ранней генерации относятся т.н. «поясные» тоналиты и грано-диориты, прорывающие метавулканические толщи зеленокаменных поясов (2,15 – 2,17 млрд. лет), которые образуют относительно меньшие по размерам линейные массивы. Более поздними являются т.н. «бассейновые» грано-диориты и лейкократовые граниты, которыми сложены главные эбурнейские батолиты.

Граниты ранней генерации близвозрастны вулканитам верхних частей разрезов зеленокаменных поясов эбурнид и являются, таким образом, последними проявлениями магматической активности этих троговых структур.

Последующий «выход» процессов гранитообразования в осадочные бассейны Бирима, т.е. на более устойчивые структуры раннего протерозоя, происходил во временном интервале около 90 млн. лет (Hirdes, 1992).

Примерами сходного «поведения» гранитоидного магматизма в структурах ранних протерозоид являются Южно-Ангольский щит (Dalberg, 1983), канадский щит (De Matties, 1994), Балтийский щит (в северной части Швеции – Öhlander et al., 1987, в Финляндии – Zoukola – Ruskeenieni, 1999, в Кольском районе России – Казанский, Исанина и др., 2002, Становом хребте – Петров, 1995) и др.

Принципиано аналогичные эволюционные закономерности диагностированы во многих складчатых сооружениях позднего протерозоя, причем как в гранитно-зеленокаменных областях (Аравийско-Нубийский щит), так и в поясах складчатости (Дамарский и Саяно-Енисейский пояса).

Другими примерами могут быть участки Восточной пустыни Египта, гранитно-зеленокаменной области Саудовской Аравии и др.

Позднепротерозойская (пан-африканская) структура Аравийско-Нубийского щита хорошо изучена в Восточной пустыне Египта и Красноморских горах Судана (рис. 1).

В этих районах наиболее древними являются гнейсы и мигматито-гнейсы архея – раннего протерозоя (группа Хамис-Мусайб в Египте, серии Кашебиб, Оди в Судане). Они образуют массивы, разделяющие зеленокаменные пояса позднего протерозоя. Разрезы последних отличаются набором и объемами вулканических пород разного состава. Одним из наиболее изученных является пояс Ариаб в Красноморских горах. В его разрезе выделены два комплекса.

Нижний ультрамафитовый комплекс Ошиб представлен ассоциацией серпентинитов, листовитов, тальцитов, основных интрузий, базальтов, железо-кремнистых и других сланцев и метаосадочных пород. Комплекс образует зоны шириной в несколько десятков сотен метров и протяженностью в несколько десятков километров. Породы смяты в очень сложные складки и интенсивно рассланцованы, вероятно, вдоль пологих надвигов или чешуйчатых срывов. Они испытали первую деформацию до накопления вышележащего вулканогенно-осадочного комплекса Ариаб-Арбаат.

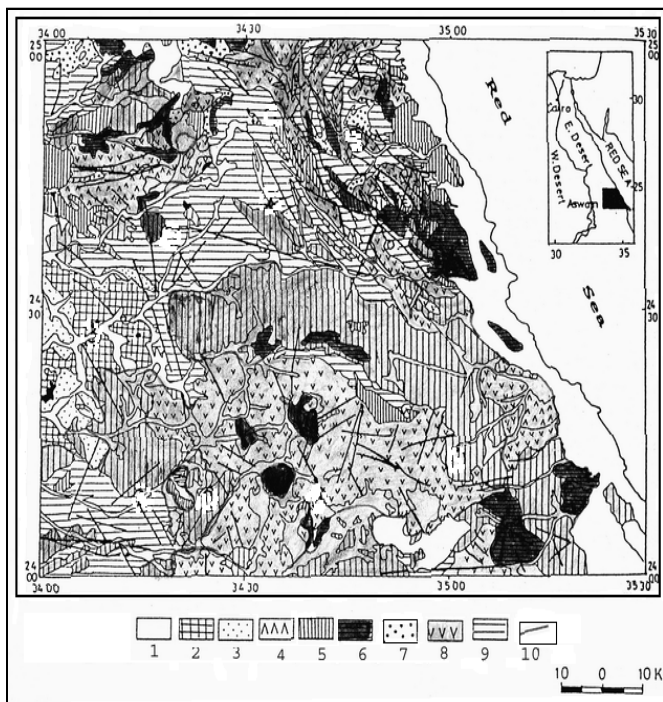


Рис.1. Геологическая карта одного из районов Восточной пустыни Египта (Ghazala, 1985).

1 – четвертичные осадки; 2 – щелочные базальты Вади Наташ (мел); 3 – Нубийские песчаники (нижний мел); 4 – меловые щелочные граниты; 4 - 7 – комплексы пан-африканского фундамента: 4 – Докханские вулканиты (венд), 5 – древние Шаитанские граниты (терминальный рифей), 6 – метагаббро - диоритовый комплекс (поздний рифей), 7 – серпентиниты, офиолиты (начало позднего рифея); 8 – метавулканиты зеленосланцевых поясов (средний, верхний рифей); 9 – допозднепротерозойские гнейсы серии Митик; 10 – разломы.

В комплексе Ариаб-Арбаат (снизу вверх) залегают: основные вулканиты (свита А), андезиты и дациты (свита Б), риолиты и риодациты с туфами (свита С), основные и средние лавы (свита Д), незакономерно чередующиеся вулканокласты, граувакки и парасланцы (свита Е). Свита А образована флюидными базальтами, пиллоу-лавами и основными пирокластами различных фаций. Ее основание, а в связи с этим и полная толщина, неизвестны. С этими породами ассоциируют дайки, силы, габбро и мелкие плутоны кварцевых диоритов, представляющие собой большей частью субвулканические тела. Андезиты и дациты свиты В составляют главную часть вулканического разреза комплекса Ариаб-Арбаат. Кислые вулканиты свиты С представлены лапиллиевыми и пепловыми туфами, туфо-брекчиями, риолитами, риодацитами и игнимбритами. Свита Д сложена андезито-базальтами, спилитами, пиллоу-лавами, альбитофирами, туффитами, переотложенными туфами с пластами полигенных конгломератов, содержащих валуны андезитов, риолитов, мраморов и диоритов.

Главная пан-африканская деформация пород серий Ошиб, Ариаб-Арбаат и одновозрастных с ними вулканогенно-осадочных толщ в других районах Аравийско-Нубийского щита произошла во время внедрения синтетектонических гранитов с возрастом 640-

550 млн. лет. Подавляющая часть пан-африканских складчатых гранитов интродировала в приподнятые блоки дозеленокаменного амфиболит-гнейсового архейско-раннепротерозойского комплекса. Они образуют крупные многофазные батолиты, относятся к известково-щелочному ряду и характеризуются гомодромной направленностью дифференциации от меланократовых разностей к лейкократовым фациям.

Главные вулканогенно-осадочные серии (комплексы) и складчатые с ними граниты района Ариаб-Арбаат перекрыты с резким угловым несогласием сериями Ават и Асотриба. В общем виде в серии Ават выделяются: нижняя часть, сложенная песчаниками полигенными конгломератами с обломками и валунами всех более древних пород, и большая по мощности верхняя сланцево-песчаниковая часть, содержащая пласты известняков, вулканитов среднего и кислого состава. Породы почти неметаморфизованы и очень слабо дислоцированы, прорваны интрузиями послескладчатых гранитов и сиенитов. Серия Асотриба образована в большей степени вулканитами кислого состава.

В Восточной пустыне Египта выявлено смещение пан-африканского гранитоидного магматизма в следующей последовательности.

Сравнительно небольшие массивы метагаббро-диорит-тоналитового комплекса (700 – 650 млн. лет) прорывают метавулканогенно-метаосадочные толщи серии Аталла, образующие зеленокаменные пояса. Более молодые Шаитанские гранодиориты-лейкограниты образуют гигантские батолиты, которые порывают, главным образом, выступающие между зеленокаменными поясами инфракрустальный мигматито-гнейсовый комплекс Мигиф-Хаффафит (-1670 млн. лет) (Ghazala, 1985).

В поясах складчатости позднего протерозоя Дамарском Юго-Западной Африки и Енисейском в Центральной Сибири синтетектонические граниты прорывают метаосадочные толщи рифея и породы более древних кристаллических комплексов, выступающие в антиклинорных (Центральных) поднятиях. Вулканогенные синклинии, соответственно Южной краевой зоны Дамарского пояса и Вороговского Енисейского пояса, характеризующиеся наличием базитов и ультрабазитов, полностью «стерильны» в отношении гранитоидов.

Поздний протерозой явился временем наиболее кардинальной смены рассредоточенного тектогенеза, проявившегося в формировании ареальных гранитно-зеленокаменных областей на директивно-линейный («фанерозойский») стиль тектогенеза, выразившийся в образовании поясов складчатости. Наличие в поздних протерозоидах большого количества офиолитов указывает, что эти изменения тектогенеза произошли одновременно с появлением структур, сходных с современными океанами. Устойчивость закономерности синтетектонического гранитообразования в течение всего докембрия показывает, что оно вело себя независимо от палеотектонических обстановок развития подвижных (складчатых) структур, т.е. отсутствия (архей, ранний протерозой) или наличия (поздний, частично ранний протерозой) океанов. От архея к позднему протерозою и далее в течение фанерозоя происходило общее

уменьшение масштабов гранитообразования по мере увеличения в складчатых сооружениях объёмов офиолитов. Из этого следует, что геисторический процесс океаногенеза со всеми сопутствовавшими явлениями приводил к деградации условий складчатого гранитообразования.

Из рассмотренных примеров, которые можно было бы существенно расширить, видно, что гранитообразование в докембрии происходило в одном и том же режиме.

А именно: оно «уходило» от зон более раннего мантийного магматизма, из которых образовались зеленокаменные пояса в области распространения комплексов более древней сиалической коры, т.е. такая закономерность гранитообразования характерна для областей распространения зеленокаменных поясов трогового типа, т.е. связанных в своем развитии с глубокими, сквозьлитосферными разломами.

Выявленная закономерность характерна как для архея в зеленокаменных поясах которого (данного типа), отсутствуют офиолиты, т.е. индикаторы исчезнувших океанов, так и для позднего протерозоя в зеленокаменных поясах которого офиолиты присутствуют.

Синтектонические гранитоиды докембрия интрузивного и метасоматического происхождения существенно отличаются в металлогеническом отношении. Интрузивные меланограниты ранних фаз характеризуются широким спектром месторождений цветных металлов, а также играют важную роль в формировании гидротермальных месторождений во вмещающих их вулканогенно-осадочных комплексах зеленокаменных поясов трогового типа. Метасоматические гранитоиды металлогенически являются гораздо более убогими. Их состав определяется преимущественно породами субстрата, ранее обедненными рудными компонентами в условиях длительных высокотемпературных преобразований. Установление интрузивного или метасоматического типов синтектонических гранитов может являться одним из важных критериев в определении первичной или вторичной природы, ассоциирующих с ними зеленокаменных поясов докембрия, несущих также разную металлогеническую нагрузку и, таким образом, их перспективности в отношении рудных месторождений. А именно: интрузивные гранитоиды могут считаться указанием на сопряженность с ними троговых (первичных) зеленокаменных поясов, являющимися главными металлоносными структурами фундаментов

докембрийских платформ, тогда как гранито-гнейсовые структуры могут рассматриваться как индикаторы ассоциации с ними вторичных (реликтовых) зеленокаменных поясов, характеризующихся угнетенной металлогенией.

Таким образом, гранитообразование докембрия и связанные с ним металлогения показывает синхронность и аналогичность их формации на различных плитных структурах литосферы. В частности, можно провести аналогию формирования докембрия в регионах КМА и последующего образования в метаморфических формациях железных руд.

Библиографический список

- [1] Геология, гидрогеология и железные руды бассейна Курской магнитной аномалии. М: Недра, Т.3, 1970 — 436 С.
- [2] Пири С. Д., Долгинов Е. А., Дьяконов В. В. Структурное положение и эндогенная модель синтектонического гранитообразования// Материалы Научной конференции аспирантов, преподавателей и молодых ученых. М., Изд. РУДН, , 2004, 35-36 С.
- [3] Долгинов Е. А., Пири С. Д. Тектонические обстановки синтектонического гранитообразования. Материалы XL Научно-технической конференции преподавателей, сотрудников и аспирантов Инженерного ф-та. Современные инженерные технологии. 26-30 апреля 2004 г. Изд. РУДН, М., стр. 69-72.
- [4] Долгинов Е. А., Пири С. Д. Тектонические обстановки и возможные модели складчатого гранито-образования// VIII Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле». Доклады. Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе. М., 2007 том 1, 106-108 С.
- [5] Долгинов Е. А., Пири С. Д. Возможная модель складчатого интрузивного гранитообразования// Известия. Высших учебных заведений. Геология и разведка. М., 2007 № 5, 83-85 С.
- [6] Долгинов Е. А., Пири С. Д. Пространственно-временные закономерности синтектонического интрузивного гранитоидного магматизма. Бюллетень Московского общества испытателей природы (МОИП). Геол. Отдел. 2007.

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ РЫНКА ЖИЛЬЯ Г. БЕЛГОРОДА

Ширина Н.В., канд. техн. наук, доц., *Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина, Белгородский район, РФ*

Калачук Т.Г., канд. техн. наук, доц., *Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, РФ*

Аннотация: *Приводятся результаты анализа территориальной дифференциации рынка жилья города Белгорода, рассмотрены география и формирование новых микрорайонов и отдельно строящихся многоквартирных жилых домов (МДК), рассмотрено формирование цен на рынке нового строительства жилой недвижимости.*

Ключевые слова: *рынок жилья, ценовое зонирование, городская территория, дифференциация.*

Рынок жилой недвижимости представляет собой интересный и динамичный объект для исследований. В нашей стране рынок недвижимости в городах сформировался недавно, и, конечно же, существует еще множество вопросов в методологии, методике анализа рынка, сборе информации и др. Трудность рассмотрения этих вопросов заключается в практически полном отсутствии статистики и точных фактических данных в этой области рынка [1].

Материальную основу рынка жилья составляет жилой фонд, а точнее - та его часть, которая находится в частном владении либо возводится для коммерческой продажи. Из всей совокупности жилищного фонда для анализа нами были выбраны многоквартирные жилые дома. Рынок жилья меняется, поэтому необходим учет его территориальной привязки к тем или иным районам

города, дифференциация их территории, сопровождающаяся формированием внутригородских ценовых зон. Зонирование помогает контролировать и использовать рационально городское пространство, направлять спрос, стимулировать развитие рынка недвижимости. Для этих целей необходимо сформировать единый реестр информации об объектах недвижимости для города [2,3].

Белгород - один из самых амбициозных и быстро развивающихся городов России. Его территория разделена на отдельные планировочные районы - Центральный, Южный, Западный и Восточный (рис. 1). В настоящее время в городе проживает более 380 тыс. человек, динамика численности населения и показатели естественного движения населения представлена на рис.2.

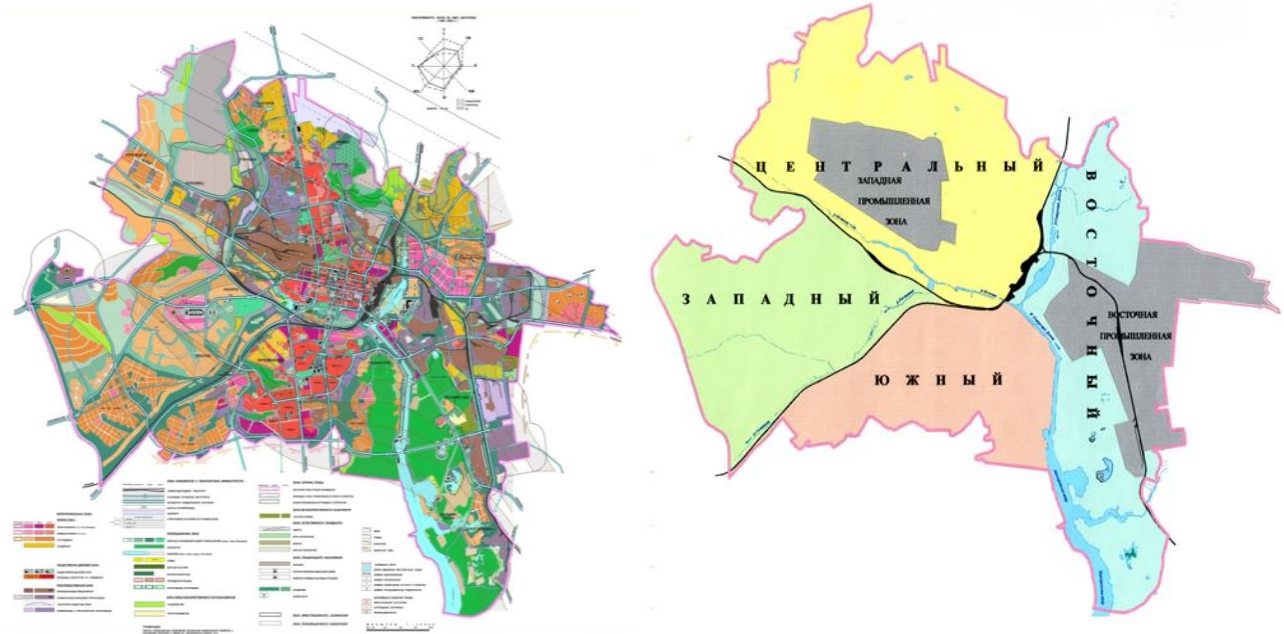


Рис. 1. *Карта - схема и планировочные районы г. Белгорода*

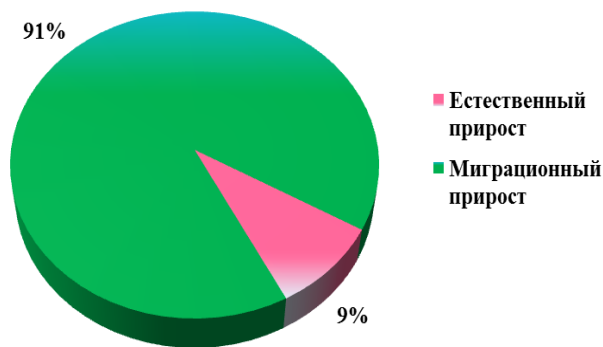
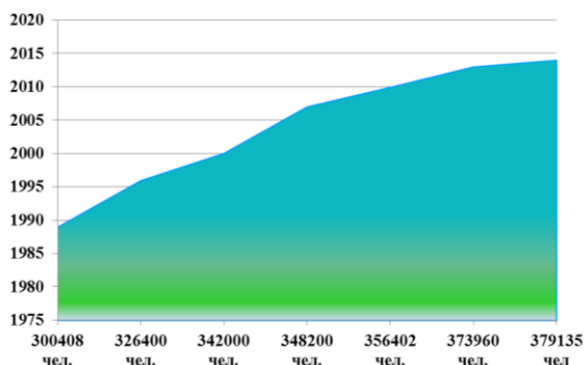


Рис. 2. Динамика численности населения и показатели естественного движения населения

Надо заметить, что в 90-х годах прошлого столетия г. Белгород ощутил острую нехватку жилого фонда. Привлеченные благоприятными условиями, прекрасной экологией, развитой региональной инфраструктурой, в область на постоянное место жительства начали массово перебираться граждане из других регионов. В настоящее время большое внимание уделяется жилищному строительству. Можно воспользоваться статистикой и сравнить темпы строительства в разных регионах центральной части России. По уровню ввода жилья Белгородская область находится на третьем месте в России после Московской и Воронежской областей (рис. 3).

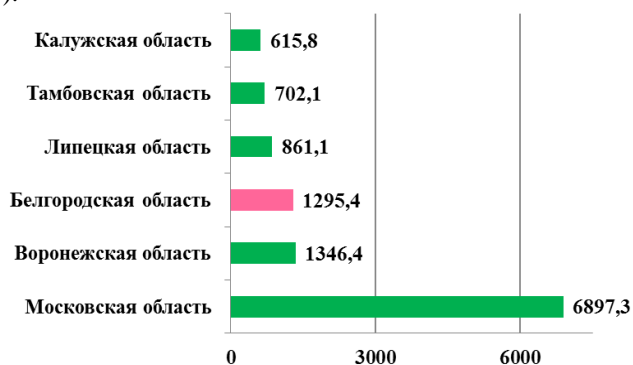


Рис. 3. Темпы строительства в разных регионах центральной части России

Прирост в областном центре Белгородской области наблюдается ежегодно, а объем жилищного фонда увеличивается при строительстве как отдельных домов,

преимущественно в центре города, так и целых микрорайонов на окраинах с заранее проектируемыми транспортными развязками города. Нами был проведен анализ жилищного фонда г. Белгорода, отдельные результаты которого представлены на рис. 4 [5]. Из состояния о наличии квартир можно сделать первый вывод: большим спросом на рынке жилья г. Белгорода пользуются двухкомнатные и трехкомнатные квартиры, а, следовательно, они становятся приоритетом инвесторов при строительстве жилья. Согласно проведенному анализу тенденций спроса на рынке г. Белгорода 77,5% покупателей белгородской недвижимости, прибывающих из других регионов: из Москвы и Московской области, северных регионов, в особенности Мурманской и Архангельской области, Уральского федерального округа - Ямало-Ненецкого АО и Ханты-Мансийского АО, а также же Хабаровского края (рис. 4) [4].

Из вышеуказанных данных можно сделать вывод о том, что из-за большого прироста населения г. Белгорода спрос на квартиры не только не падает, а продолжает расти, в особенности на квартиры в две или три комнаты. Жители других субъектов могут позволить себе Белгородскую недвижимость по высоким ценам, которые установились в городе, покупая сразу большую по площади квартиру, чем однокомнатные, так как переезжают целыми семьями, охотно становясь собственниками нового жилья. Белгородцы не покупают 2,3-комнатные квартиры потому, что просто не могут себе этого позволить.

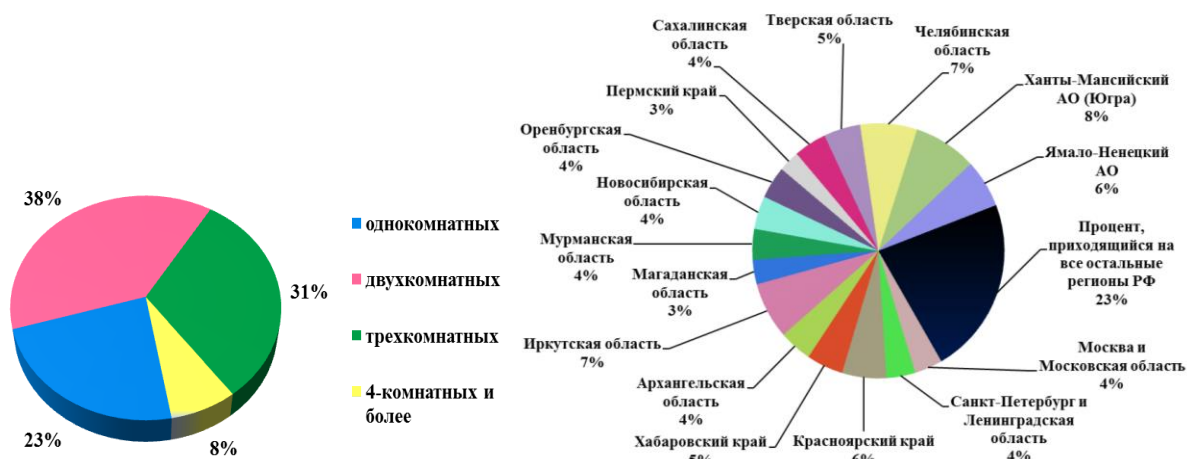


Рис. 4. Наличие квартир и распределение покупателей Белгородской недвижимости, прибывших из разных регионов РФ

Средняя стоимость жилья на рынке недвижимости г. Белгорода представлена на рис. 5. Несмотря на прирост населения за счет платежеспособных мигрантов, основная доля населения имеет низкие доходы и относится к категории малоимущих. Проблемным вопросом остается предоставление жилья в социальный наём такой категории граждан. Из-за отсутствия финансовых возможностей у муниципалитетов строительство социального жилья практически не ведется. Кроме того существующая для многих жителей города жилищная проблема усугубляется большой степенью износа жилищного фонда, несоответствием условий проживания в нем нормативным требованиям. В соответствии с Генеральный план развития городского округа «Город Белгород» ведется реконструкция домов в городе, в целях комплексного решения проблемы ликвидации ветхого, морально устаревшего жилого фонда (рис.6) [7].

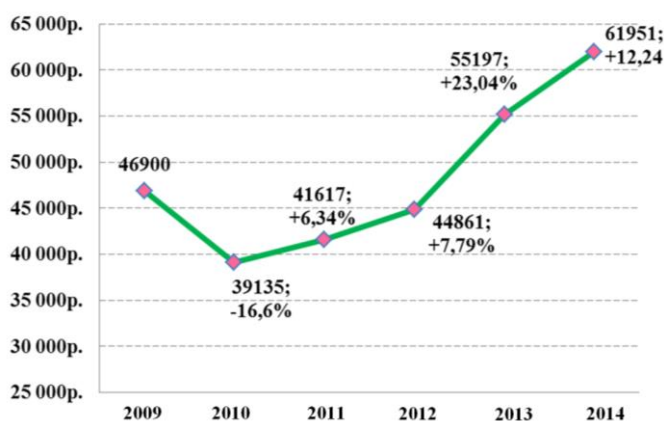


Рис. 5. Динамика средней стоимости жилья на рынке недвижимости г. Белгорода



Рис. 6. Схема реконструкции отдельных районов в г. Белгороде

Одним из главных направлений повышения качества жизни горожан, определенных Стратегией развития города до 2025 года, является реализация градостроительной политики на территории г. Белгорода, направленной на решение задач и достижение целей, поставленных приоритетным национальным проектом «Доступное и комфортное жилье гражданам России». На вторую очередь строительства согласно Генеральному плану г. Белгорода власти заявили обеспеченность жилой площадью каждого белгородца в размере 32 м² с населением города в 400 000 чел., т. е. объемы строительства заложены такие, чтоб к 2025 г. объем жилищного фонда был равен 12 800 тыс. м². Но население растет достаточно быстро, большая часть которого увеличивается за счет миграции из других регионов, и будет составлять 554 148 чел. (рис. 7). При такой увеличивающейся динамике населения объем жилищного фонда должен быть порядка 17 732 тыс. м². Из всего выше сказанного, следует вывод о том, что в Генеральном плане г. Белгорода существуют большие пробелы и он требует доработки.

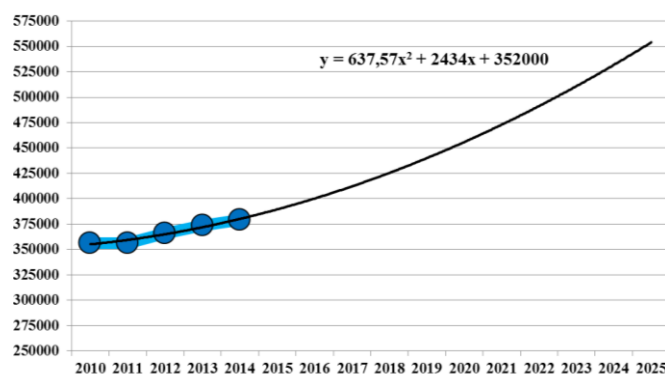


Рис. 7. Перспективная динамика численности населения г. Белгорода с учетом фактических данных

В перспективе не учтены все факторы и поэтому результатов с обеспеченностью жильем в 32 м² городу не добиться, так как не заложено для строительства порядка 4 933 тыс. м² жилья. Увеличение населения приведет к повышению спроса на жилье. А так как его предложение будет в дефиците - это станет одной из причин роста цен на жилье в городе. Строительным компаниям не за чем сдерживать цены на жилье, а тем более их снижать, когда потребность в производстве такого товара высока.

На рис. 8 приводятся факторы, определяющие стоимость любого объекта недвижимости, такие как закономерности развития рынка жилья, социально-экономические условия в регионе, специфические особенности рассматриваемого региона и макроэкономические условия в стране.

Для целей анализа территориальной дифференциации Белгорода, а также составления реестра предложения квартир выполнялось несколько этапов: отбор товаров-представителей, участвующих в формировании базы данных, отбор базовых организаций, осуществляющих продажу жилья, определение порядка регистрации и сбора информации о ценах, расчет средних цен 1 м².

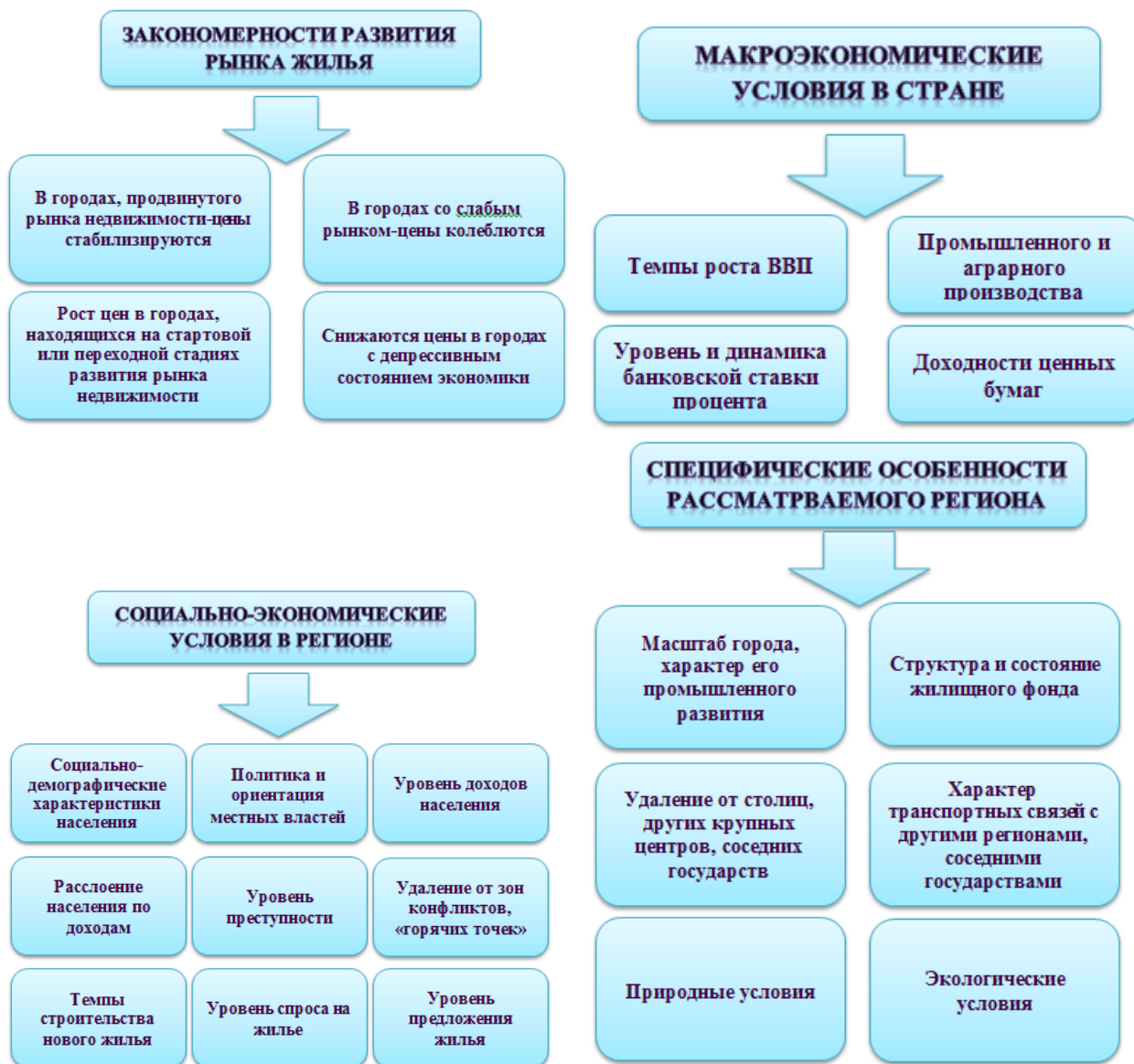


Рис. 8. Факторы, определяющие стоимость объекта недвижимости

Наблюдение охватывали только городской жилищный фонд. Под товарами-представителями понимались предназначенные для продажи на первичном рынке жилья в «престижном» или «спальном» районах квартиры с определенным количеством комнат в домах городской застройки, с различным типом материала стен. Перечень товаров-представителей со стандартным описанием потребительских свойств формировались в единую базу данных. Разнообразие объектов недвижимости (квартир) приводит к большому различию в цене объектов. Поэтому для анализа совокупности квартир первичного рынка жилья на первом этапе обработки данных решалась задача типизации объектов недвижимости по местоположению, качеству, размерам, т.е. выделялись категории жилья с определенным набором признаков (рис. 9-11). В анализе участвовали 8 базовых организаций. Отбор проводился из общего количества, чтобы ценовая информация характеризовала полноту и специфику изменения цен на квартиры всего

городского жилищного фонда. Результатом наблюдения являлась оценка средней цены 1 м² общей площади квартир, которую необходимо отслеживать как совместно, так и по отдельным группам квартир с различным числом комнат.

В результате мониторинга предложений от застройщиков по продаже квартир различного качества были получены данные о количестве комнат, площади и цене квартир, расположенных в различных планировочных районах г. Белгорода (рис. 12). Данные о цене 1 м² квартир были получены на сайтах или при личном обращении в отделы продаж офисов застройщиков.

Для анализа первичного рынка жилья разработана территориальная дифференциация г. Белгорода на зоны, выделенные по планировочным районам, географическим секторам, удалению центра и радиальным направлениям (рис. 13) [6].



Рис. 9. Типизация объектов застройки по местоположению в г. Белгороде

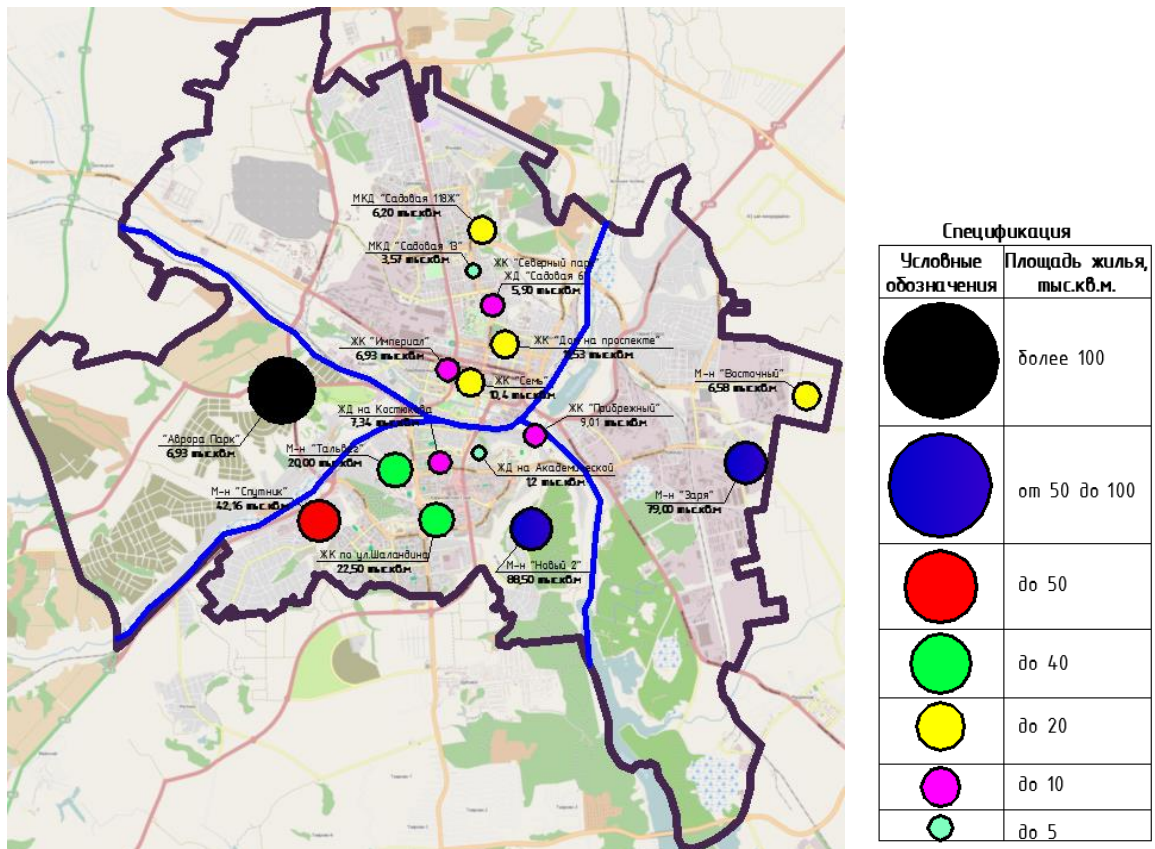


Рис. 10. Общая жилая площадь объектов застройки в г. Белгороде

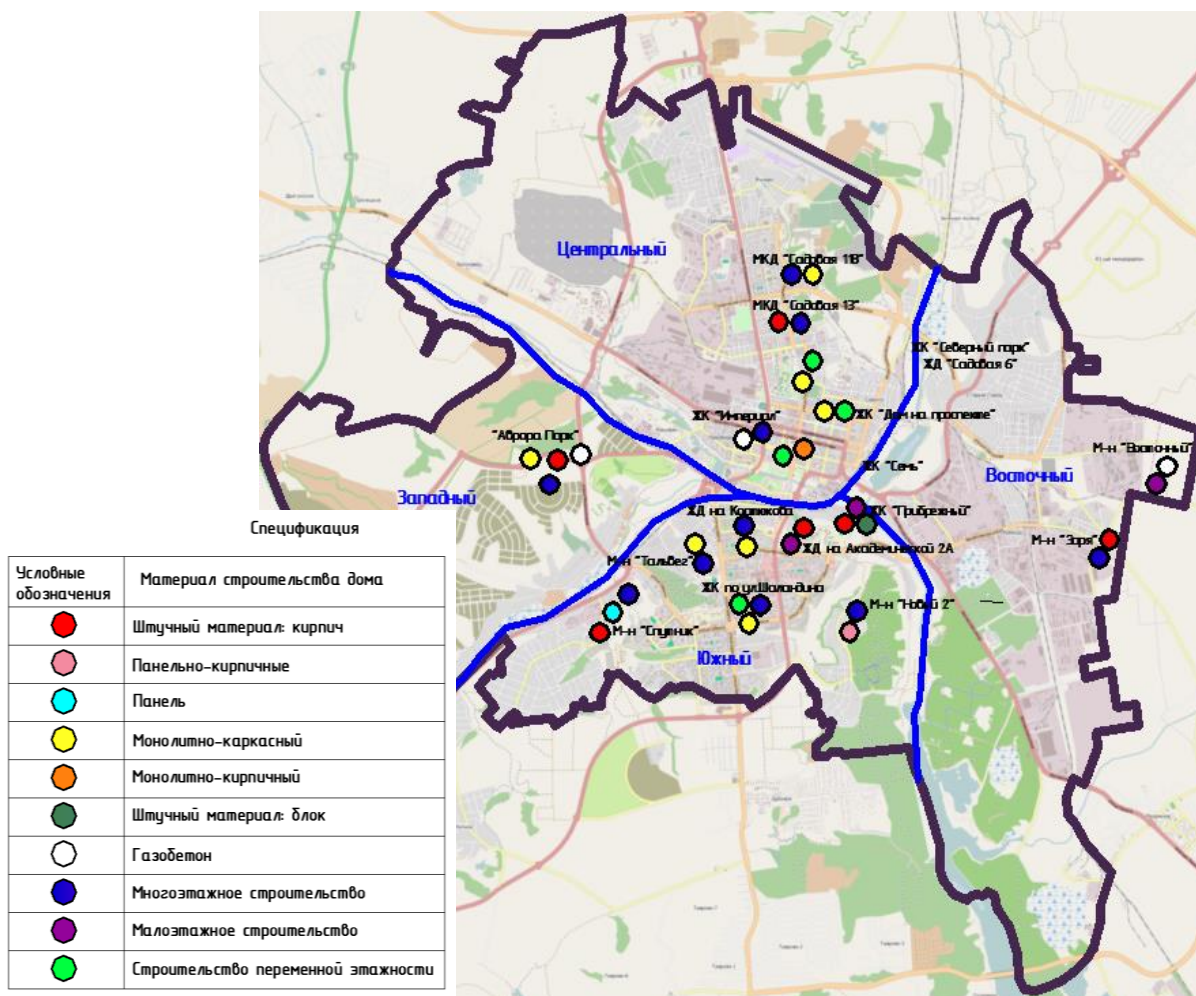


Рис. 11. Этажность, физические характеристики объектов застройки в г. Белгороде

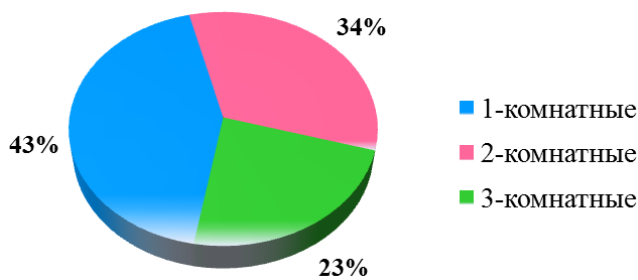


Рис. 12. Структура предложения квартир на первичном рынке жилья г. Белгорода в зависимости от количества комнат

Основу территориального деления составляют планировочные районы, границы которых закреплены правовыми актами г. Белгорода. Так как они неоднородны (по территории, численности населения, социально-экономическим характеристикам и др.) и включают районы разного уровня развития и престижности для населения, было выделены дополнительные зоны № 2 (центральный планировочный район был разделен на две зоны, границей, проходящей по ул. Мичурина) и № 4 (южный планировочный район разделен на две зоны границей, проходящей по ул. Щорса) (рис. 13). Это позволяет отразить основные тенденции территориальной дифференциации города.

Распределение рынка новостроек согласно дифференциации территории представлено на рис. 14.

Лидерами по строительству многоквартирных жилых домов в городе стали 4 и 5 зоны, восточное и юго-восточное направление соответственно. Меньше, но незначительно, предложения жилья в центре (2 зона) и на юго-западе (3 зона). Значительно меньше новостроек в северной части города (1 зона). Дома эконом-класса в основном возводятся в восточной части города, престижная застройка преобладает в центральной части. Согласно проведенному анализу рынка жилья города был составлен реестр объектов строительства многоквартирных жилых домов в различных частях города и наличием разных по размеру квартир (1,2 и 3-комнатных). Первоначально все объекты группировались по планировочным районам, а затем по территориальным зонам дифференциации. При подготовке такого реестра были пройдены все этапы для формирования таблицы средних цен на рынке жилья, рассмотренные ранее. С помощью данных были построены карты ценовых зон по районам Белгорода. Анализ выявил резкую дифференциацию средней цены жилья по территории города. Для более детального анализа, карты были построены как совместно, так и по отдельным группам квартир с различным числом комнат.

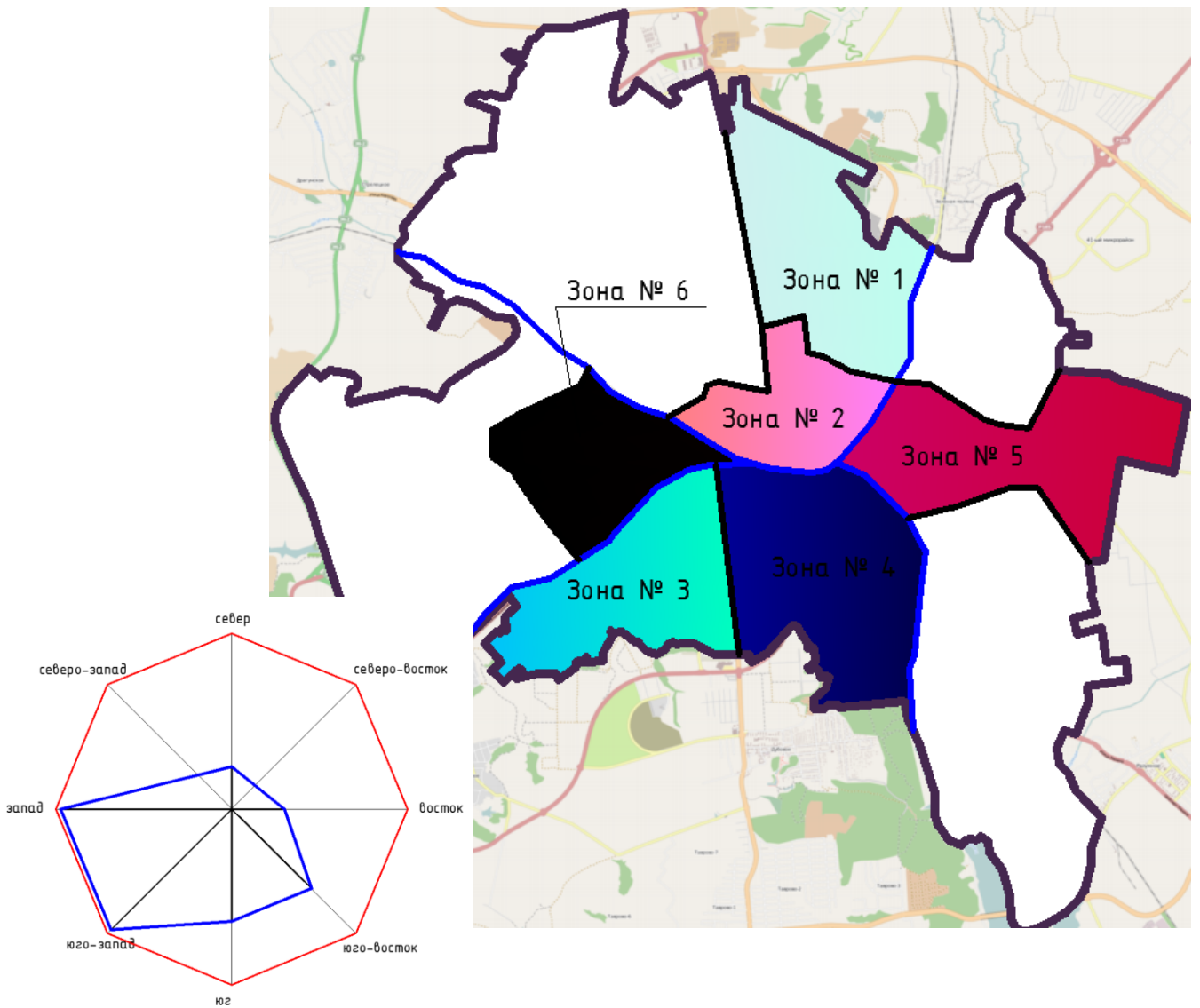


Рис. 13. Территориальное распределение рынка новостроек г. Белгорода

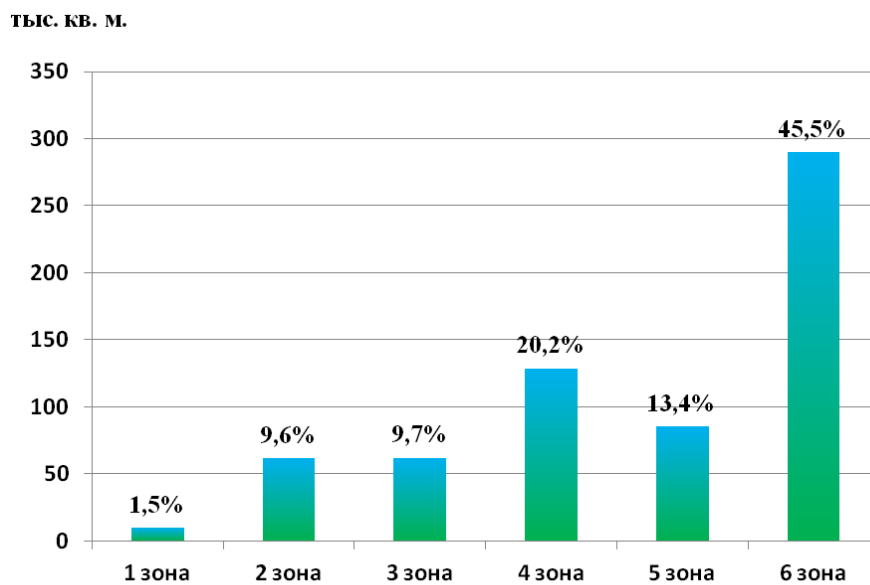


Рис. 14. Распределение рынка новостроек г. Белгорода согласно дифференциации территории

Параметры	Уровень цен	Обороты рынка	Активность рынка	Численность населения	Среднемесячная ЗП	Доля приобретателей белгородцев	Доля приобретателей нерезидентов
Удаление от центра							
Численность населения							
Среднемесячная ЗП белгородцев							
Доля приобретателей белгородцев							
Доля приобретателей нерезидентов							
Географическое направление							
Транспортная доступность							
Благоустройство дворовой территории							

	Наличие сильной связи между величинами
	Наличие слабовыраженной связи между величинами
	Отсутствие связи

Рис. 15. Оценка связи между параметрами первичного рынка квартир г. Белгорода

При расчете средневзвешенной цены для всего города были исключены два объекта строительства – микрорайон «Восточный» и «Аврора Парк». Оба эти объекта подразумевают социальное жилье, покупка квартиры в них сопряжена с некоторыми условиями. Можно отметить постепенное уменьшение в разбросе цен между центральным и южным районами. Процесс пространственной организации города еще не завершен. Рыночные цены на жилье, как зеркало отражают процессы не равномерного расселения. Для целей анализа этих процессов нами были выявлены статистические связи между основными показателями рынка жилья и характеристиками города. Отдельные результаты представлены на рис. 15.

Таким образом, средняя стоимость квадратного метра в квартирах с различным числом комнат составляет от 62 до 69 тыс. руб. И это не предел. Эти цифры приближаются постепенно к городам федерального значения и более развитым и крупным. 1-комнатные квартиры являются стартовой ценой для квартир с большим числом комнат. В Белгороде такие квартиры массово скупаются под временное жилье, пока не будет построен свой дом. Средняя цена однокомнатных квартир в Белгороде превышает в полтора раза цены в соседних регионах.

Одной из ключевых причин завышения цен является то, что строительные компании в Белгороде вынуждены брать на себя социальную нагрузку по благоустройству территории. Также на стоимость могла бы повлиять цена арендованной земли, на которой ведется строительство. Застройщики буквально борются за земли на торгах. А власти сегодня делают ставку на деурбанизацию. В итоге

областной центр активно разрастается, но не за счет многоэтажных микрорайонов, а за счет ИЖС. А следствием дефицита земли под застройку МКД ведет к ее удорожанию и увеличению стоимости 1 м² соответственно. Спрос определяет и ценовую политику. В Белгороде высокий приток инвестиций из других регионов. И если продаваемый период в соседних городах исчисляется годами, то в г. Белгороде – от 1 до 3 месяцев. Цены могут падать только в период длительного застоя. Пока же спрос превышает предложение: квартир недостаточно.

Анализ подтверждает довольно высокую, по сравнению с другими регионами, цену на жилье, что является однозначно негативной оценкой ситуации в регионе. Внешняя красота, позитивный имидж не могут стать на одну ступень с отсутствием у отдельных категорий граждан региона возможности реализовать основную потребность для нормальной жизни – потребность в собственном жилье. Регион, где давным-давно главной целью провозглашено высокое качество жизни населения, должен, несомненно, разрешить именно этот вопрос. Конфигурация рынка, миграционный приток, ряд дополнительных процессов сделали белгородское жилье самым дорогим в Черноземье и одним из самых дорогих в Центральной России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [1] Пчелинцева Л.М. Обязательства государства по обеспечению жильем отдельных категорий граждан: новое в правовом регулировании // Журнал российского права. №8. 2007.

- [2] Шевченко С. Без жилья виноватые / С. Шевченко // Журнал «Белгородский бизнес класс». №8. 2013
- [3] Казимир Л.М. Рынок недвижимости России – Аналитические статьи - Территориальная сегментация рынка городской и загородной недвижимости Московской области в АКЦ "МИЭЛЬ-Недвижимость" [Электронный ресурс]. URL: <http://realtymarket.ru/IX-Nacionalnii-kongress-po-nedvijimosti/Territorialnaya-segmentaciya-rinka-gorodskoi-i-zagorodnoi-nedvijimosti-Moskovskoi-oblasti-v-AKC-MIEL-Nedvijimost-.html>
- [4] Федеральная служба государственной статистики, Методологические положения по наблюдению за уровнем и динамикой цен на рынке жилья [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/prices/housing/meta.htm
- [5] Недвижимость в Белгородской области - Новости и статьи. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bn.ru/belgorodskaya-oblast/articles/2013/03/15/103801.html>
- [6] Ноздрин Н.Н. Развитие и территориальная дифференциация рынка жилья в Москве / Н.Н. Ноздрин // Журнал «Проблемы прогнозирования». №6. 2006.
- [7] Генеральный план развития городского округа «Город Белгород» до 2025 года, утвержденный решением совета депутатов города Белгорода № 335 от сентября 2006 г.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Чернышева Е.В., Серых И.Р., Стаинов В.В., Чернышева А.С.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова

Аннотация: *Промышленное производство, обеспечивая жизнедеятельность государства и общества, одновременно является источником потенциальной опасности. Для предотвращения возникновения аварийных ситуаций, и оперативного их устранения, необходимо периодически проводить экспертизу промышленной безопасности зданий и сооружений. Поэтому в нынешней ситуации требуется разработать эффективные меры государственной политики для реализации их в области обеспечения промышленной безопасности, направленной на последовательное снижение риска аварий на опасных производственных объектах.*

Ключевые слова: *промышленная безопасность, экспертиза, факторы риска, обследования зданий и сооружений, система удаленной диагностики производственного контроля.*

Одним из важных направлений укреплений национальной безопасности Российской Федерации является обеспечение промышленной безопасности. Посредством скоординированной деятельности органов государственной власти РФ осуществляется целенаправленная государственная политика в области промышленной безопасности.

Не смотря на то, что промышленное производство обеспечивает жизнедеятельность государства и общества, оно же одновременно является источником потенциальной опасности. От состояния промышленной безопасности опасных производственных объектов, их противоаварийной устойчивости зависит не только надежное обеспечение общества и государства всеми видами ресурсов и продукции, но и непосредственно жизнь и здоровье граждан, поддержание нормальных условий для жизнедеятельности, сохранение окружающей среды [1].

Для предотвращения возникновения аварийных ситуаций, и оперативного их устранения, необходимо периодически проводить экспертизу промышленной безопасности зданий и сооружений. Экспертиза промышленной безопасности – это оценка соответствия объекта экспертизы предъявляемым к нему требованиям промышленной безопасности, результатом которой является заключение [2].

Экспертизу промышленной безопасности могут проводить экспертные организации, имеющие на это лицензию. По результатам проверки выдается заключение с последующей регистрацией в территориальном органе Ростехнадзора. Такая схема взаимодействия органов исполнительной власти и бизнеса, с одной стороны позволяет максимально полно охватить промышленные предприятия для контроля ситуации в области промышленной безопасности, с другой порождает ряд проблем.

Общими проблемами и факторами риска в области промышленной безопасности являются [3]:

- низкое качество проектных и технических решений;
- высокая степень износа основных производственных фондов;
- нехватка квалифицированных специалистов;
- некачественное или несвоевременное выполнение работ по обслуживанию и ремонту;
- низкая квалификация персонала, технологическая и трудовая дисциплина;
- недостаточный уровень знаний требований безопасности;
- недостаточный уровень знаний требований безопасности;
- отсутствие эффективных стимулов для обновления основных фондов организаций осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности.

Текущее положение дел требует разработки и реализации эффективной государственной политики в области обеспечения промышленной безопасности, направленной на последовательное снижение риска аварий на опасных производственных объектах, а также на совершенствование подходов и методов государственного регулирования в данной области с учетом современных требований и условий.

В условиях современного прогресса возрастает угроза жизнедеятельности человека, национальной безопасности, усиливающееся негативным влиянием техногенных факторов на население, производственную и социальную инфраструктуру и окружающую среду, увеличение риска возникновения аварий и чрезвычайных ситуаций [4].

Положительно влияет на обеспечение безопасности производственного предприятия функционирование систем производственного контроля. Контролирующие службы передают достоверную информацию руководителям предприятий, которые анализируют ее, принимают меры, направляя в Ростехнадзор отчеты о результатах производственного контроля.

Руководитель предприятия объективно видит и оценивает состояние дел на производстве, проводит анализ представленной информации и при необходимости принимает соответствующие меры. Инспекторский состав может оценить степень риска аварий на предприятиях и, если потребуется, скорректировать план работы, оптимизировать комплекс мероприятий по обеспечению ПБ [5].

Однако, деятельность производственного контроля на многих предприятиях недостаточно эффективна, чаще всего она формальна. Только по факту плановых проверок проводимых инспекторами Ростехнадзора руководству становится известно о нарушениях требований промышленной безопасности, а не службами производственного контроля. Результатом такой неосведомленности сказывается на безопасности производственного процесса и, соответственно, отражается на рентабельности производства из-за убытков, связанных с ущербом от аварийных ситуаций, и компенсационными выплатами по несчастным случаям. Государственная политика, направленная на модернизацию производства, повышение конкурентоспособности, качества выпускаемой продукции или услуг, сталкивается халатностью руководства предприятий и обслуживающего персонала в отношении к своей работе. Приоритетной государственной задачей является своевременное принятие мер по повышению требований к качеству проектных работ за счет внедрение новых эффективных, строительных конструкций [6-9], безопасности технологических процессов, качеству выпускаемой продукции и предоставляемых услуг, основываясь на анализе и оценке деятельности производственного контроля на предприятиях и тенденциях развития мировой промышленности.

Для повышения эффективности производственного контроля на поднадзорных предприятиях Ростехнадзором разработана и внедряется система удаленной диагностики производственного контроля [5]. В настоящее время благодаря качественной работе служб производственного контроля предприятий около четверти всех нарушений выявляют и устраняют своевременно. При этом дистанционный контроль и своевременная реакция руководителей предприятий на рекомендации Ростехнадзора существенно повысят этот показатель.

При этом не стоит забывать об экспертных организациях, которые являются неотъемлемой частью системы обеспечения промышленной безопасности.

В настоящее время в России работают более двух тысяч организаций, имеющих лицензии на проведение

экспертизы промышленной безопасности. Число таких организаций постоянно растет, но, к сожалению, это не отражается на качестве работы, которое остается на прежнем уровне, когда как цена предлагаемых услуг не только не падает, но и продолжает расти [5]. В этой связи было бы целесообразно обязать экспертные организации обратиться к системе сертификации качества предоставляемых услуг.

В заключение хотелось бы отметить, что для качественной работы экспертных организаций помимо сертификации и лицензирования необходимо, разрабатывать и внедрять новые методы, модели и инструменты для оценки технического состояния оборудования и систем обеспечения безопасного протекания технологических процессов, систему анализа и оценки рисков возможных аварийных ситуаций.

Для решения этих проблем мало одного только желания представителей производственной сферы и экспертной деятельности, в данной ситуации необходимо принятие мер на государственном уровне.

Библиографический список.

- [1] Фадева Г. Д., Гарькин И. Н., Забиров А. И. Экспертиза промышленной безопасности зданий и сооружений: характерные проблемы // Молодой ученый. 2014. №4. С. 285-286.
- [2] Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 02.07.2013) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
- [3] Основы государственной политики в области промышленной безопасности в Российской Федерации на период до 2025 года и на дальнейшую перспективу. Режим доступа: <http://www.gosnadzor.ru/public/discussion/2025>
- [4] Чеканов Н.А., Витько В.И., Коваленко Г.Д., Яковчук М.М. К вопросу о радиационной безопасности промышленных объектов и окружающей среды // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2004. № 8-7. С. 110-111.
- [5] Взаимосвязанные проблемы промышленной безопасности // Вестник промышленности, бизнеса и финансов. 2016. № 4(34).
- [6] Чернышева Е.В., Серых И.Р., Стаинов В.В., Стаинов В.Ф. Сравнение сталебетонных и железобетонных плит // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2016. № 6. С. 80-84.
- [7] Чернышева Е.В., Серых И.Р., Стаинов В.В., Стаинов В.Ф., Глаголев Е.С. Несущая способность сталебетонных плит по нормальному сечению // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2015. № 5. С. 42-44.
- [8] Чернышева Е.В., Серых И.Р., Стаинов В.В., Стаинов В.Ф. Несущая способность сталебетонных полигональных плит // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2015. № 6. С. 102-105.
- [9] Серых И.Р., Чернышева Е.В. Напряженно-деформированное состояние сталебетонных брусьев прямоугольного поперечного сечения с составной облойкой при сжатии и изгибе: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 108 с.

ВАРИАЦИОННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНФИГУРАЦИИ ПЛОСКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФЕРМ

Юрьев А.Г., докт. техн. наук, проф., Зинькова В.А., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Аннотация. Эффективным способом определения конфигурации плоской фермы при заданной нагрузке является вариационный метод. Вариационная постановка задачи является фундаментальным подходом к реализации замысла, поскольку из нее вытекает универсальный критерий оптимальности о минимуме потенциальной энергии системы в функциональном пространстве, расширенном за счет полей функций конфигурации и (или) модулей упругости материала. При однородном линейно-упругом материале оптимальную ферму можно представить как равнопрочную виртуальную систему с внутренними силами N_i/φ_i , где φ_i – коэффициент уменьшения расчетного сопротивления материала. В качестве численного эксперимента и последующей вариационной задачи рассмотрено определение оптимальной конфигурации шестипанельной металлической фермы с горизонтальным нижним поясом. Преимущество в экономии материала имеют фермы с преобладанием растянутых стержней, которых не касается проблема устойчивости равновесия.

Ключевые слова: конфигурация фермы, вариационная постановка задачи, критерий оптимальности, однопролетная шарнирная ферма.

После ранней работы Митчела [1] интерес к проектированию оптимальной конфигурации конструкции стал убывать, главным образом потому, что этот аспект проектирования является гораздо более сложным, чем определение геометрии конструкции. Интерес к этой проблеме увеличился в последние десятилетия благодаря появлению эффективных ЭВМ и успехам в области математического программирования.

Для конструкций с изменяющейся конфигурацией с помощью теорем о структурных изменениях [2] можно вычислить все усилия и перемещения, возникающие при изменении или полном удалении одного или большего числа элементов. Это обстоятельство используется для предварительного определения экономии материала, достигаемой при изменении топологии конструкции. Для этого сначала вычисляется вес новой допустимой конструкции при поочередном удалении каждого элемента исходной системы. Затем элементы располагаются в так называемом векторе дохода в том порядке, в котором они способствуют экономии веса. При построении этого вектора рассматриваются ограничения на напряжения и перемещения. При этом остается в стороне проблема безопасной устойчивости стержней.

Задачи анализа и синтеза несущих конструкций должны иметь единую методологическую основу. Ее составляют вариационные принципы механики деформируемого твердого тела.

Вариационная принцип структурного синтеза гласит [3]: потенциальная энергия системы в положении устойчивого равновесия достигает абсолютного минимума по перемещениям в функциональном

пространстве, расширенном за счет полей функций конфигурации и (или) модулей упругости материала.

Для системы из линейно упругого материала ее потенциальная энергия численно равна потенциальной энергии деформации:

$$U = \sum_{i=1}^n \frac{N_i^2 l_i}{2E\varphi_i^2 A_i}, \quad (1)$$

где n – число стержней длиной l_i , имеющих площадь поперечного сечения A_i и продольные усилия N_i , φ_i – коэффициент уменьшения расчетного сопротивления R , λ – множитель Лагранжа.

С другой стороны, при однородном линейно-упругом материале оптимальную ферму можно представить как равнопрочную виртуальную систему с внутренними силами N_i/φ_i [4]. Для растянутых стержней он равен единице, а для сжатых принимается исходя из ограничения гибкости элементов пояса и решетки. Искомые площади поперечных сечений A_i сжатых стержней должны иметь соответствующие минимальные радиусы инерции. Таким образом,

$$A_i = \frac{N_i}{\varphi_i R}, \quad (2)$$

а выражение потенциальной энергии деформации принимает вид:

$$U = \frac{R}{2E} \sum_{i=1}^n \frac{N_i l_i}{\varphi_i}. \quad (3)$$

В качестве численного эксперимента, предшествующего вариационной постановке задачи, рассмотрим варианты топологии шестипанельной фермы (пролетом $l=18\text{м}$) с горизонтальным нижним поясом (рис. 1). Кроме семи директивных узлов нижнего пояса, задан также 8-й узел на оси симметрии, определяющий высоту фермы $h=2\text{ м}$. Вариацию топологии ограничиваем 22 узлами, расположенными на вертикальных линиях, служащих границами панелей. В каждой панели предполагаем наличие одного раскоса, который может быть восходящим или нисходящим.

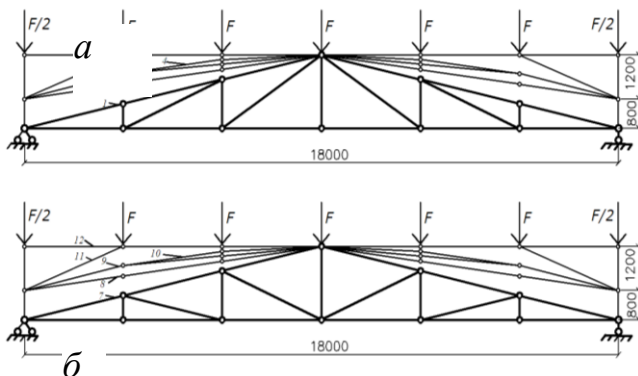


Рис. 1. Варианты фермы при вариации топологии: а – с восходящими раскосами, б – с нисходящими раскосами

В результате получено 12 типов ферм, расположенных в диапазоне от треугольной фермы до фермы с параллельными поясами (рис. 1). Восемь промежуточных ферм, по принятой терминологии, считаются фермами с полигональным верхним поясом. Нагрузка $F=70\text{ кН}$ приложена в узлах верхнего пояса. Расчетное сопротивление материала фермы $R=240\text{ МПа}$.

В табл. 1 даны длины стержней ℓ_i , внутренние усилия N_i , площади поперечных сечений A_i , минимальные радиусы инерции i_{min} . Обозначение стержней соответствует рис. 2.

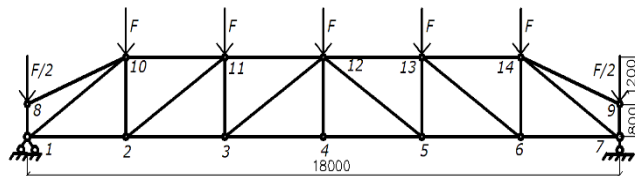


Рис. 2. Нумерация узлов, распространяющаяся на все варианты ферм (в треугольной ферме 4 стержня отсутствуют)

В целях исключения итерационного процесса при определении площадей сечений сжатых стержней коэффициент ϕ принимался равным 0,75. При его назначении учитывалось ограничение гибкости элементов пояса и решетки. Их площади поперечных сечений должны иметь соответствующие минимальные радиусы инерции.

Используя формулу для потенциальной энергии деформации (3) и формулу для объема материала (без учета узловых соединений)

$$V = \sum_{i=1}^n A_i l_i, \quad (4)$$

вычислим соответствующие величины.

В табл. 2 представлены значения U и V для ферм с восходящими раскосами. По этим показателям они имеют преимущество перед фермами с нисходящими раскосами, за исключением фермы 1, по сравнению с которой ферма 7 имеет преимущество в пределах 1,7%.

Таблица 1. Геометрические характеристики и внутренние усилия стержней фермы

№ фермы	1				2				3				
	область	Обознач. стержня	ℓ , м	N , кН	A , см ²	i_{min} , см	ℓ , м	N , кН	A , см	i_{min} , см	ℓ , м	N , кН	A , см
ниж. пояс	1-2	3	794.3	33.1		3	441.3	18.4		3	353.0	14.7	
	2-3	3	635.5	26.5		3	529.6	22.1		3	485.6	20.2	
	3-4	3	476.6	19.9		3	476.6	19.9		3	476.6	19.9	
стойки	1-8					0.8	-35.3	1.96	1.11	0.8	-35.3	1.96	1.11
	2-10	0.67	-70.6	0.0	0.9	1.2	47.1	1.96		1.50	77.1	3.21	
	3-11	1.33	-105.9	5.9	1.8	1.6	-35.3	1.96	2.22	1.75	-6.0	0.33	2.43
	4-12	2	0.0	0.0		2	0.0			2	0.0		
раскосы	1-10					3.23	-475.3	26.4	4.49	3.35	-394.7	21.9	4.65
	2-11	173.8	3.28	0.1		3.4	-100.0	5.56	4.72	3.47	-153.3	8.52	4.82
	3-12	190.9	3.61	0.2		3.61	63.6	2.65		3.61	10.8	0.45	
верх. пояс	8-10	3.07	-813.7	45.2	4.3	3.03	0.0			3.08	0.0		
	10-11	3.07	-813.7	45.2	4.3	3.03	-445.2	24.7	4.21	3.01	-354.2	19.7	4.18
	11-12	3.07	-651.0	36.2	4.3	3.03	-534.2	29.7	4.21	3.01	-487.3	27.1	4.18

№ фермы		4				5				6			
ниж. пояс	1-2	3	353.0	14.7		3	264.8	11		3	264.8	11	
	2-3	3	453.1	18.9		3	423.6	17.7		3	423.7	17.7	
	3-4	3	476.6	19.9		3	476.6	19.9		3	476.6	19.9	
стойки	1-8	0.8	-35.3	1.96	1.11	0.8	-35.3	1.96	1.11	2	-35.3	1.96	2.78
	2-10	1.5	62.4	2.6		2	105.9	4.41		2	105.9	4.41	
	3-11	1.87	15.7	0.65		2	35.3	1.47		2	35.30	1.47	
	4-12	2	0.0			2	0.0			2	0.0		
раскосы	1-10	3.35	-394.7	21.9	4.65	3.61	-318.2	17.7	5.01	3.61	-318	17.7	5.01
	2-11	3.56	-117.9	6.55	4.94	3.61	-190.9	10.6	5.01	3.61	-191	10.6	5.01
	3-12	3.61	-28.2	1.57	5.01	3.61	-63.6	3.54	5.01	3.61	-63.7	3.54	5.01
верх. пояс	8-10	3.08	0			3.23	0.0			3	0.0		
	10-11	3.02	-355.7	19.8	4.19	3	-264.8	14.7	4.17	3	-264.8	14.7	4.17
	11-12	3	-453.5	25.2	4.17	3	-423.6	23.5	4.17	3	-424	23.5	4.17

Из ферм с восходящими раскосами наиболее экономичной является ферма 5. С точки зрения статики это явилось результатом расположения большинства стержней верхнего пояса на уровне высоты фермы. Вариант 6 проигрывает из-за меньшей устойчивости сжатых стержней, примыкающих к опорному узлу.

Таблица 2. Потенциальная энергия деформации и объем материала

№ фермы	U , кДж	V , м ³	№ фермы	U , кДж	V , м ³
1	18,921	0,1380	7	18,609	0,1360
2	12,799	0,0930	8	13,245	0,0970
3	11,452	0,0800	9	11,583	0,0845
4	11,102	0,0810	10	11,243	0,0820
5	10,658	0,0777	11	10,804	0,0790
6	10,723	0,0782	12	11,663	0,0850

Незначительные изменения величин U и V для рассмотренных ферм за счет конструктивного обеспечения «нулевых» стержней, а также их узловых соединений не меняет представленных выводов.

После проведения численного эксперимента, позволившего накопить информацию о характере деформирования стержней в каждом варианте фермы, рассмотрим строгое решение задачи при ее вариационной постановке. В качестве варьируемых параметров принимаем высоту стойки 2-10 (рис. 2), которую обозначим h_1 , и высоту стойки 3-11, обозначаемую h_2 (за основу взята конфигурация фермы 4, рис. 1). Исключаем из рассмотрения треугольную ферму, явно уступающую остальным вариантам по расходу материала. Длины стержней и продольные силы имеют следующие выражения:

$$\begin{aligned} \ell_{1-2} &= d; & N_{1-2} &= 2,5Fd/h_1; \\ \ell_{2-3} &= d; & N_{2-3} &= 2,5Fd[(1,6 - h_2/h_1)l/h_2 + 1/h_1]; \\ \ell_{3-4} &= d; & N_{3-4} &= 2,5Fd\{ [(1,6 - h_2/h_1)l/h_2 + 1/h_1] + \\ & & & (1/h_1)(1,8 - 1,6h/h_2) \}; \\ \ell_{1-8} &= 0,4h; & N_{1-8} &= -0,5F; \\ \ell_{2-10} &= h_1; & N_{2-10} &= 2,5F(1,6 - h_2/h_1); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ell_{3-11} &= h_2; & N_{3-11} &= 2,5F(1,8 - 1,6h/h_2); \\ \ell_{4-12} &= h; & N_{4-12} &= 0; \\ \ell_{1-10} &= \sqrt{d^2 + h_1^2}; & N_{1-10} &= -2,5F\sqrt{d^2 + h_1^2}/h_1; \\ \ell_{2-11} &= \sqrt{d^2 + h_2^2}; & N_{2-11} &= -2,5F(1,6 - h_2/h_1)(\sqrt{d^2 + h_1^2})/h_2; \\ \ell_{3-12} &= \sqrt{d^2 + h^2}; & N_{3-12} &= -2,5F(1,8 - 1,6h/h_2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \sqrt{d^2 + h^2}/h; \\ \ell_{8-10} &= \sqrt{d^2 + (h_1 - 0,4h)^2}; & N_{8-10} &= 0; \\ \ell_{10-11} &= \sqrt{d^2 + (h_2 - h_1)^2}; & N_{10-11} &= -2,5F \\ & & & / \sqrt{d^2 + (h_2 - h_1)^2}/h_1; \\ \ell_{11-12} &= \sqrt{d^2 + (h - h_2)^2}; & N_{11-12} &= -4F \\ & & & \sqrt{d^2 + (h - h_2)^2}/h_2. \end{aligned}$$

Сложность анализа зависимости усилий в ферме от изменения топологии состоит в непостоянстве знака усилий. При переходе растянутого стержня в разряд сжатых, кроме прочности, необходимо обеспечение устойчивости его равновесия.

«Перемещение» коэффициента уменьшения расчетного сопротивления для сжатых стержней φ , изменяет вид выражения U при итерационном расчете.

- Из приведенных выражений для усилий видно, что
- 1) стержень 2-3 растянут, если $h_2 < 1,6h_1$ и в то же время $|(1,6 - h_2/h_1)(l/h_2)| < 1/h_1$;
 - 2) стержень 3-4 растянут, если $h_2 < 1,6h_1$ или $h < 1,12h_2$ и в то же время положительное слагаемое превосходит модуль отрицательного слагаемого;
 - 3) стержень 2-10 растянут, если $h_2 < 1,6h_1$;
 - 4) стержень 3-11 растянут, если $h < 1,12h_2$;
 - 5) стержень 2-11 сжат, если $h_2 < 1,6h_1$;
 - 6) стержень 3-12 сжат, если $h < 1,12h_2$.

В рассматриваемой задаче при принятии растяжения стержней 2-3, 3-4, 2-10, 3-11 и сжатия стержней 2-11 и 3-12, а также, как и ранее, $\varphi_i = 0,75$ для всех сжатых стержней исходное выражение потенциальной энергии деформации имеет следующий вид:

$$U = 2,5F \frac{R}{E} (3,3h_2 + 0,68h^2/h_2 + 4,56d^2/h_2 + 4,36h_1 + 2,6d^2/h_1 - 4,94h + 3,6d^2/h).$$

При ее минимуме выполняются условия: $\frac{\partial U}{\partial h_1} = 0$ и

$\frac{\partial U}{\partial h_2} = 0$, из которых вытекают уравнения:

$4,36h_1^2 - 2,6d^2 = 0$, $3,3h_2^2 - 0,68h^2 - 4,56d^2 = 0$,
откуда $h_1 = 2,32$ м, $h_2 = 3,64$ м. Выполнение условий: $h_2 < 1,6h_1$; $h < 1,12h_2$ исключает второе приближение.

Потенциальная энергия деформации равна:

$$U = 2,5 \cdot 70 \cdot 10^3 \frac{2,4 \cdot 10^4}{2,1 \cdot 10^7} [(3,3 \cdot 3,64 + (0,68 \cdot 4) / 3,64 + (4,56 \cdot 9) / 3,64 + 4,36 \cdot 2,32 + (2,6 \cdot 9) / 2,32 - 4,94 \cdot 2 + (3,6 \cdot 9) / 2)] = 10111 \text{ Дж} = 10,111 \text{ кДж.}$$

Это величина меньше, чем у фермы 6 на 5,4% и выражает абсолютный минимум, но по полученной конфигурации эта ферма уступает ферме 6 с точки зрения архитектурно-планировочного решения.

Тем не менее, рассмотренная постановка задачи дала представление о несложном алгоритме решения оптимизационной задачи, касающейся конфигурации фермы, вариационным методом.

Для дальнейшего совершенствования структуры фермы использована гипотеза, заключающаяся в возможности оптимизации трубчатых ферм за счет

сокращения числа сжатых стержней. При назначении решетки без сжатых стоек (рис. 3, а) оказалось, что потенциальная энергия деформации уменьшилась на 7%, а объем материала на 24% по сравнению с принятым ранее вариантом 6.

Совершенствование традиционной конструкции трубчатой фермы (рис. 3, б) произведено также за счет нового бесфасоночного К-образного узлового соединения фермы [5]. Пояс фермы выполнен из трубчатого профиля квадратного сечения, а элементы решетки могут быть прямоугольного или квадратного сечения. В соответствии с предлагаемым решением поперечное сечение пояса повернуто вокруг своей оси таким образом, что представляет собой ромб, диагональ которого расположена в плоскости фермы. Элементы решетки в месте крепления к поясу имеют сквозной V-образный вырез, полностью повторяющий геометрию этого примыкания. При этом соединение каждого из элементов решетки с поясом осуществляется как по контурам V-образных вырезов, так и по двум боковым граням.

Полученные результаты могут найти использование и для совершенствования пространственных тонкостенных ферм [6].

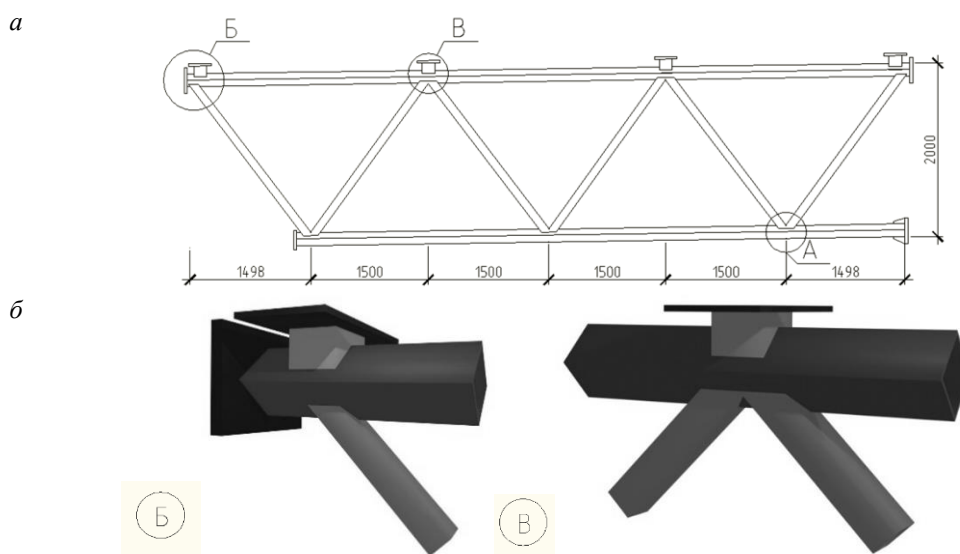


Рис. 3. Оптимальная конструкция стропильной трубчатой фермы (а) с бесфасоночными узлами (б)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

- [1] Prager W., Shen C. Y. Recent developments in optimum structural design // Applied Mech. Reviews, 21. – №10, 1968.
- [2] Majid K.I. Optimum design of structures. – London: Newnes – Butterworths, 1979. 238 p.
- [3] Юрьев А.Г. Вариационные принципы строительной механики. - Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2002. 90 с.
- [4] Yuriev A.G., Zinkova V.A., Peshkova E.V. Designing of tube trusses without gusset plate with joint connections // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. № 5. Vol. 10. P. 12391-12398.
- [5] Пат. 2329361 Российская Федерация, МПК⁷ Е 04 С 3/08. Узловое бесфасоночное соединение трубчатых элементов фермы (варианты) / В.А. Зинькова, А.А. Соколов; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. – № 2006140596/03, заявл. 16.11.06; опубл. 20.07.08, Бюл. №20. – 8с.
- [6] Абсиметов В.Э., Панченко Л.А. Пространственные тонкостенные конструкции на основе стеклофибробетона // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова, 2009. №1. С. 28-29.

ЗЕЛЕНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО КАК ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

GREEN BUILDING AS AN INNOVATIVE APPROACH FOR THE DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION INDUSTRY

Авилова Ирина Павловна, БГТУ им. В.Г. Шухова, Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, 46
Крутилова Мария Олеговна, БГТУ им. В.Г. Шухова, Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, 46

Аннотация - В статье рассматриваются экономические и правовые аспекты зеленого строительства, обобщены наиболее важные проблемы правового регулирования данного направления. Экологическая безопасность окружающей среды регулируется природоохранным законодательством и набором технических требований, предъявляемых на всех этапах осуществления строительства. Принципы экологического (зеленого) строительства, определяющие перспективы развития строительной индустрии, позволяют декларировать сохранение и стабилизацию экологической ситуации, однако на практике требуют глубокой модернизации существующей системы определения сметной стоимости строительной продукции. Существующие методики определения сметной стоимости строительства объектов, в полной мере не нормируют и не регулируют экологический урон, ранее накопленный при производстве строительных материалов и изделий, а также наносимый в процессе производства строительно-монтажных работ. В то же время предложение теоретических основ и выработка практических механизмов оптимизации проектных решений в строительстве на основании экологических критериев позволило бы материально стимулировать планирование и проведение природоохранных мероприятий на всех стадиях жизненного цикла недвижимости, важнейшей из которых в экологическом аспекте является стадия строительства. В работе представлены институциональные основы эконоориентированного ценообразования, составления проектно-сметной документации в строительстве, позволяющего осуществлять его на базе существующего аналитического и прикладного инструментария производственно-технических отделов строительных организаций.

Ключевые слова: устойчивое развитие, экологическое строительство, экологическая стоимость, эконоориентированное ценообразование в строительстве, эконодевелопмент.

Abstract - The article deals with the economic and legal aspects of green building, generalization of the most important legal regulation problems of this direction. Environmental safety of the environment is regulated by environmental legislation and a set of technical requirements at all stages of construction. The principles of environmental (green) building, defining prospects of development of the construction industry, make it possible to declare the conservation and stabilization of the ecological situation, but in practice, require a comprehensive modernization of the existing system of construction products environmental assessment and construction industry. Existing methods of environmental pricing in construction law and methodologically content in the analysis of the environmental impact of the construction on the stages of operation and utilization are not standardized and not regulate the environmental damage, the previously accumulated in the production of building materials and products, as well as damage in the course of construction works. At the same time offer the theoretical foundations and the development of practical solutions to optimize project of mechanisms to build on the basis of environmental criteria would allow materially to stimulate the planning and execution of environmental protection measures at all stages of the life cycle of real estate, the most important of which is the environmental aspect is under construction. The work presents institutional foundations of eco-oriented pricing in the construction documents, allowing to implement it on the basis of existing analytical and empirical tools production and technical departments construction companies.

Key words: sustainable development, ecological construction, ecological cost, eco-oriented pricing in the construction industry, eco-development.

Строительная отрасль - это одна из самых материалоемких и энергоемких отраслей народного хозяйства, включающая около 50 % потребления энергетических и 60 % материальных ресурсов, от рационального использования которых зависит экологическое будущее мира и человечества [1]. В настоящее время назрел вопрос о снижении экологического ущерба и уровня потребления энергии при строительстве и эксплуатации зданий, что в существенной мере наносит вред окружающей среде. Российская Федерация относится к странам мира с наихудшей экологической ситуацией. Загрязнение окружающей среды за последние годы ухудшилось по целому ряду показателей, несмотря на проводимые мероприятия и программы по экологическому мониторингу и защите окружающей среды [2]. Эколого-защитная деятельность носит локальный характер, и реализуется на уровне нормативно-правовых актов муниципальных образований, т.е. не содержат универсального характера, ориентированного на сохранение общего экобаланса в масштабах крупных территорий, стран, континентов.

Повышение информированности об экологических проблемах, связанных с изменением климата и ограниченностью ресурсов, обозначило пути устойчивого развития в направлении «зеленого проектирования» зданий и сооружений. Термины «зеленое проектирование» или «устойчивое проектирование» в современной практике являются синонимами, и затрагивают широкий спектр вопросов, касающихся управления ресурсами в строительстве, в том числе рассматривая социальные, экономические и иные воздействия на окружающую среду [3]. Для реализации концепции необходимо задействовать всех участников строительства: застройщиков, проектировщиков, архитекторов, подрядчиков, производителей строительных материалов, а также государственную власть. Основной принцип этого участия - взаимовыгодное сотрудничество.

Стремясь свести к минимуму негативное воздействие на окружающую среду, возникает вопрос об эффективности и рациональности использования ресурсов, как материальных, так и энергетических, и сырьевых. Поэтому отрасль строительства, с точки зрения устойчивого развития, требует обращать большее внимание на принимаемые решения, действия и мероприятия в течение всего срока службы здания: начиная от выбора площадки строительства до технического обслуживания здания, а также реконструкции [4].

Россия является одной из наиболее ресурсообеспеченных стран в мире, однако потребление ресурсов единицы валового внутреннего продукта на 30% выше, чем в ведущих странах [5]. Большое количество природных ресурсов привело к формированию их обширного потребления в России, что вызывает недостаток мотивов для повышения эффективности их потребления. Нерациональное высокое потребление природных ресурсов приводит к замедлению темпов экономического роста страны. В настоящее время, назрела необходимость поиска новых подходов к управлению ресурсами для повышения эффективности экономического развития [6].

При разработке технико-экономического обоснования строительства любого объекта недвижимости в России в

первую очередь рассматриваются такие вопросы, как стоимость, безопасность, надежность, долговечность, местоположения и только после вопросы экологической безопасности и энергоэффективности объекта. Российские здания имеют высокий потенциал энергоэффективности, который, пока не используется в полной мере. Основная причина - отсутствие единых нормативно-правовых документов, поддерживающих «зеленое» строительство.

В настоящее время наиболее эффективным способом ресурсосбережения является экологически чистое и экономически эффективное использование природных ресурсов в соответствии с национальными «зелеными» строительными стандартами. Несмотря на большое число наработок, эта сфера в России развита недостаточно, что связано со спецификой российской строительной отрасли и отсутствием механизма, позволяющего адаптировать требования и критерии ресурсосбережения к особенностям российского законодательства и рынка [7]. Эффективная политика в области повышения энергосбережения возможна только при системном подходе к анализу всего жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта, начиная с предпроектной фазы. Целесообразность заключается в определении экономической эффективности потребления энергии в зданиях уже на этапе анализа целесообразности реализации проекта. Это может быть сделано путем оценки общего потребления энергии и экологического вреда, наносимого ОС, на всех этапах жизненного цикла — начиная с производства строительных материалов, доставки их на объект, процесса строительства, и заканчивая работами по утилизации и демонтажу. Экологический ущерб имеет всеобщий негативный эффект, отрицательно влияя на качество жизни, так и косвенно на качество строительства. Используемые строительные материалы и технологии, являясь варьирующими себестоимость строительства факторами, должны стать предметом тщательного оптимизационного анализа на стадии подготовки любого проекта. В этой связи экологический критерий должен стать основной модернизированной подхода к экоориентированному аудиту проектно-сметной и организационно-технологической документации в строительстве [8].

Следует отметить, что в системе российского ценообразования и сметного нормирования в строительстве экологический фактор «загрязнения окружающей среды», связанный с производством строительного-монтажных работ и использованием строительных материалов, изделий и конструкций, учитывается лишь декларативно. Согласно Постановления Правительства РФ от 16.02.2008 N 87 в проектно-сметную документацию отдельный раздел, оценивающий экологический ущерб, наносимый строительным объектом окружающей среде, не входит. Понятие и определение экологического ущерба, наносимого строительством, упоминаемые в Градостроительном кодексе РФ не имеют полного всестороннего обоснования и не закреплены законодательно. Проведение государственной экспертизы проектной документации также не предусматривает полного и всестороннего анализа возможного экологического ущерба, наносимого при строительстве и эксплуатации объекта недвижимости.

Целесообразным методическим подходом к решению данного вопроса может стать предложение универсального набора обобщенных натуральных показателей экологического ущерба (по основным загрязняющим веществам, по основным вредным воздействиям и т.д.) и методики пересчета этих показателей в денежный эквивалент (т.н. «эко-стоимость» и «эко-штрафы») с последующей имплементацией полученных алгоритмов в программное обеспечение, используемое при составлении сметной документации [9]. Таким образом, на практике может быть реализовано актуальное и перспективное экоориентированное ценообразование в строительстве, реализующее методики многофакторной и поэтапной прогнозной оценки экологического ущерба, наносимого проектируемым строительным объектом в составе существующей системы строительного сметного нормирования.

С этой целью в рамках действующей нормативно-правовой базы ценообразования в строительстве необходимо определить, предложить и нормативно зафиксировать единую универсальную трактовку понятия «экологической стоимости» строительных ресурсов. Это позволит проводить прогрессивную экологически ориентированную оценку стоимости строительной продукции на основе традиционных методов определения сметной стоимости (базисно-индексный, ресурсный, ресурсно-индексный, базисно-компенсационный). Составление «экологически ориентированной» сметной документации по усовершенствованным нормам и правилам позволит без дополнительной трудоемкости и методологических усложнений производить подробную экологическую оценку применяемых строительных процессов и технологий, конструктивных и объемно-планировочных решений в широком спектре отраслей современного строительного производства.

Конечной целью совершенствования системы экологического аудита строительной продукции на всех стадиях жизненного цикла является предлагаемая авторами система «экологически ориентированного градостроительства», включающая следующие обобщенные организационно-экономические и нормативно-регулирующие мероприятия, характеризующиеся комплексностью и многоуровневостью:

- на микроуровне проводится эколого-экономический анализ применяемых проектных решений в строительстве, выбор наименее экологически опасных вариантов практической реализации конкретных строительных проектов;
- на мезоуровне осуществляется экологический мониторинг, анализ и эффективное управление градостроительной политикой, реализуемой муниципальными и федеральными образованиями, направленной на минимизацию экологического вреда, наносимого ОС региональным строительным комплексом;
- на макроуровне проводится сбор, анализ, систематизация статистических показателей экологического ущерба наносимого ОС строительной отрасли в целом, а также корректировка на этой основе федеральных инвестиционных программ в строительстве, введение в практический оборот института экологического аудита проектно-сметной и организационно-технологической документации.

Реализация строительного производства с позиций «экологически ориентированного градостроительства», совершенствование с этих позиций системы сметного нормирования и ценообразования, позволит действенно и эффективно выявлять экономически оптимальную структуру строительного комплекса любого масштаба и значимости с позиции минимизации глобального экологического ущерба, материально сблизить интересы участников инвестиционно-строительных проектов и органов государственной власти в оценке и реализации практических мер по ресурсосбережению и охране ОС в строительном комплексе страны.

На основании предлагаемых методических подходов к экоориентированному совершенствованию действующей системы ценообразования сметного нормирования практически выявляется оптимальная структура строительного комплекса любого масштаба и значимости с позиции минимизации наносимого им глобального экологического ущерба.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [1] Щенятская М.А., Авилова И.П., Наумов А.Е. Оценка финансово-экономических рисков инвестиционно-строительного проекта при дефиците исходных данных // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 185-189.
- [2] Авилова И.П., Щенятская М.А. Управление эффективностью инвестиционно-строительных проектов через качественное состояние недвижимости // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 4. С. 141-145.
- [3] Соколова Н. Ю., Наумов А. Е., Щенятская М. А. Качественное влияние инфраструктурного насыщения территории на риски реализации жилых объектов // В сборнике: Наука и образование в жизни современного общества сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 апреля 2015 г.: в 14 томах. Тамбов, 2015. С. 138-141.
- [4] Ходыкина И.В., Крутилова М.О. Основные аспекты экологического законодательства Российской Федерации в сфере строительства // Вестник научных конференций. 2016. № 3-2 (7). С. 100-102.
- [5] Астафьева, О. Е., Потапова, И. Ю. Снижение негативного воздействия строительства на экосистемы за счет сертификации по «зеленым» стандартам // Архитектура и строительство России – 2015. – 2.
- [6] Чередникова Д.П., Жариков И.С. Экономическая обоснованность инвестиционных вложений в объекты недвижимости // В сборнике: Кластерные инициативы в формировании прогрессивной структуры национальной экономики: сборник научных трудов 2-й Международной научно-практической конференции: в 2-х томах. 2016. С. 251-253.

- [7] Наумов А.Е., Щенятская М.А., Товстий В.П. Качественные показатели объекта недвижимости как фактор экономической оптимизации организационно-технологических решений инвестиционно-строительного проекта // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 5. С. 202-206.
- [8] Крутилова М.О., Авилова И.П. Методические основы экоориентированного ценообразования в строительстве [Электронный ресурс] // VII Международный молодежный форум «Образование, наука, производство». – Белгород, 2015.
- [9] Авилова И.П., Наумов А.Е., Крутилова М.О. Экономические и правовые аспекты экоориентированного аудита в строительстве // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 5. С. 212-216.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ *

Прут Эдуард Вениаминович, д-р. хим. наук, проф., *Институт химической физики
им. Н.Н.Семенова Российской академии наук*

Черкашина Наталья Игоревна, канд. техн. наук, доц., *Белгородский государственный
технологический университет им. В.Г. Шухова*

Аннотация: В данной работе представлены данные по исследованию радиационной стойкости полимерных композиционных материалов на основе термопластичных эластомеров. В качестве матрицы для создания полимерных композиционных материалов использовали термопластичный эластомер на основе полипропилена (ПП) и этилен-пропилен-диенового сополимера (СКЭПТ), полученный методом динамической вулканизации. В качестве наполнителя полимерных композиционных материалов на основе высоконаполненных термопластичных эластомеров, обладающих высокой стойкостью к ионизирующему космическому излучению использовали кремнегель-диметилполисилоксана. Для моделирования в наземных условиях реальной радиационной обстановки космического полета были использованы бета-радиоактивные нуклидные источники $Si^{90} + Y^{90}$. Установлено, что после однократного облучения электронами микротвердость чистого эластомера изменяется на 57 %, а для композита оптимального состава с 70 % содержанием наполнителя не более, чем на 5 %. Таким образом, установлено, что образовавшиеся изменения композита под действием облучения электронами относятся к поверхностным явлениям, не затрагивающим глубинные слои материала.

Ключевые слова: термопластичные эластомеры, метод динамической вулканизации, электронное облучение.

Введение.

Воздействие такого фактора космического пространства (ФКП), как электронное облучение на полимерные материалы терморегулирующего назначения приводит к деградации их поверхностного слоя, что может вызвать преждевременную деградацию всей системы пассивного терморегулирования космического летательного аппарата [1-2].

Анализ существующих полимерных композитов используемых в космическом пространстве показывает, что они сильно подвержены воздействию электронного облучения, поэтому необходим новый подход при разработке терморегулирующих покрытий (ТРП) на основе полимеров и их композитов, позволяющий ослабить влияние ионизирующего излучения, в частности электронного на оптические характеристики материала [3-4].

В связи с этим, предлагаемые исследования направлены на изучение механизмов формирования радиационно-стойких полимерных композиционных материалов на основе термопластичных эластомеров. В качестве матрицы в работе использован термопластичный эластомер, полученный на основе изотактического полипропилена и этилен-пропилен-диенового эластомера методом динамической вулканизации. В качестве наполнителя использован легкий высокодисперсный наполнитель - кремнегель диметилполисилоксана.

Исследования, представленные в данной работе направлены на установление степени деградации поверхностного слоя разработанных полимерных композитов под воздействием электронного облучения.

Методология.

В работе использовали термопластичные эластомеры (ТПЭ) на основе полиолефинов (полиэтилена, полипропилена и их сополимеров) и эластомеров, которые являются одними из перспективных материалов для практического использования [5-8]. В качестве матрицы для синтеза композита использовали термопластичный эластомер, полученный путем динамической вулканизации этилен-пропилен-диенового эластомера при его смешении с изотактическим полипропиленом. В качестве исходных материалов для синтеза матрицы были выбраны следующие компоненты: изотактический ПП марки Ставролен PPG 1035 – 08 (Производитель ООО «Лукойл-Нефтехим») и тройной этилен-пропилен-диеновый эластомер, не содержащий масло Buna 6470 фирмы «Bayer» (Германия) (СКЭПТ). Диеновым компонентом в составе СКЭПТ являлся этилиденнорборнен в количестве 4-5%. Динамическую вулканизацию эластомера проводили с использованием элементной серы.

В качестве наполнителя полимерных композиционных материалов использовали кремнегель диметилполисилоксана. Синтез наполнителя осуществ-лялся по золь-гель технологии согласно [9].

Вначале происходил синтез матрицы (предлагаемого термопластичного эластомера). После получения гомогенной смеси термопластичного эластомера, не выгружая композицию в смеситель, дополнительно загружали синтезированный наполнитель, и происходило дополнительное перемешивание используемых компонентов в течение 10 мин. Далее композицию выгружали, охлаждали и измельчали.

На следующей стадии синтеза полученную смесь матрицы и наполнителя загружали в пресс-форму, нагревали до температуры (190 – 200 °С) и поддерживали ее в течение часа. После нагрева происходило прессование с диапазоном давления от 100 МПа до 1 ГПа.

Так как основную радиационную опасность для внешних элементов орбитальных спутников и космических станций представляют потоки быстрых электронов, то для моделирования в наземных условиях реальной радиационной обстановки космического полета были использованы бета-радиоактивные нуклидные источники $Sr^{90}+Y^{90}$. Источники изготавливаются на основе радионуклидов $Sr^{90}+Y^{90}$ и представляют собой подложки из алюминия с углублением, в котором зафиксирована фильтровальная бумага, на которую нанесен радиоактивный препарат. Радиоактивный материал источников зафиксирован на подложке с помощью алюминиевой фольги толщиной 0,05 мм. Изотоп Y^{90} , являющийся продуктом распада Sr^{90} , имеет малый период полураспада. Поэтому через одну – две недели после изготовления источника Sr^{90} , между последним и Y^{90} устанавливается радиоактивное равновесие, т. е. получается смешанный источник $Sr^{90} + Y^{90}$ с периодом полураспада 28 лет. При распаде Sr^{90} образуются электроны с энергиями до 546 кэВ, при последующем распаде Y^{90} образуются электроны с энергиями до 2,28 МэВ. Таким образом, облучение разработанных композитов электронами проводилось в диапазоне энергий от 0,55 до 2,28 МэВ, т.е. в диапазоне электронного облучения в космическом пространстве.

Основная часть.

Образцы полученных композитов с различным содержанием наполнителя облучались однократно флюенсом электронов $5 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$.

Результаты исследования изменения микротвердости поверхности композита с различным содержанием наполнителя до и после облучения электронами представлены на рисунке 1. Анализ рисунка 1 показывает небольшое увеличение микротвердости поверхности композита при введении наполнителя – кремнегеля диметилполисилоксана.

Анализ рисунка 1 также показал, что микротвердость после однократного облучения изменяется для чистого эластомера на 57 %, а для композита с 70 % содержанием наполнителя не более, чем на 5 %. Таким образом, установлено, что образовавшиеся изменения композита под действием облучения электронами относятся к поверхностным явлениям, не затрагивающим глубинные слои материала.

Для изучения изменения морфологии поверхности композита оптимального состава использовали метод растровой электронной микроскопии (сканирующий электронный микроскоп SEMJEOLJSM-70001F (Германия)

и метод сканирующей зондовой микроскопией – атомно-силовой метод (лаборатория NtegraAura компании NT-MDT).

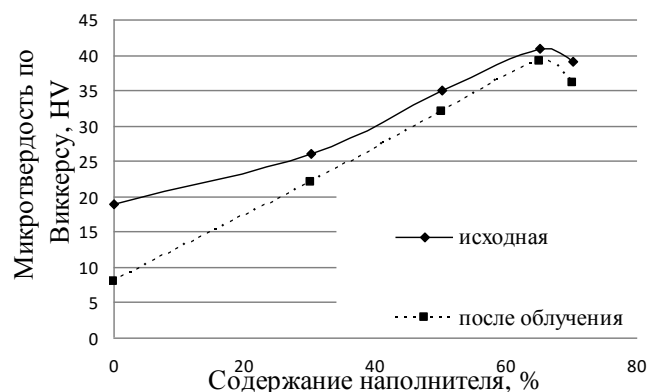


Рис. 1. Микротвердость поверхности композита с различным содержанием наполнителя до и после облучения электронами

Основные статистические параметры (десять точек по высоте, среднюю арифметическую и квадратичную шероховатости и др.), отражающие состояние рельефа всех видов поверхности вычисляли по следующим формулам:

1. S_z - десять точек по высоте:

$$S_z = \frac{1}{5 \cdot (\sum_{i=1}^5 z_{pi} + \sum_{i=1}^5 z_{vi})} \quad (1)$$

где z_{pi} - высота i -го наибольшего выступа профиля; z_{vi} - глубина i -й наибольшей впадины профиля.

2. S_a - среднеарифметическая шероховатость поверхности:

$$S_a = \frac{1}{N^2 \cdot (\sum_{i,j=1}^N |z_{ij} - z_{mean}|)} \quad (2)$$

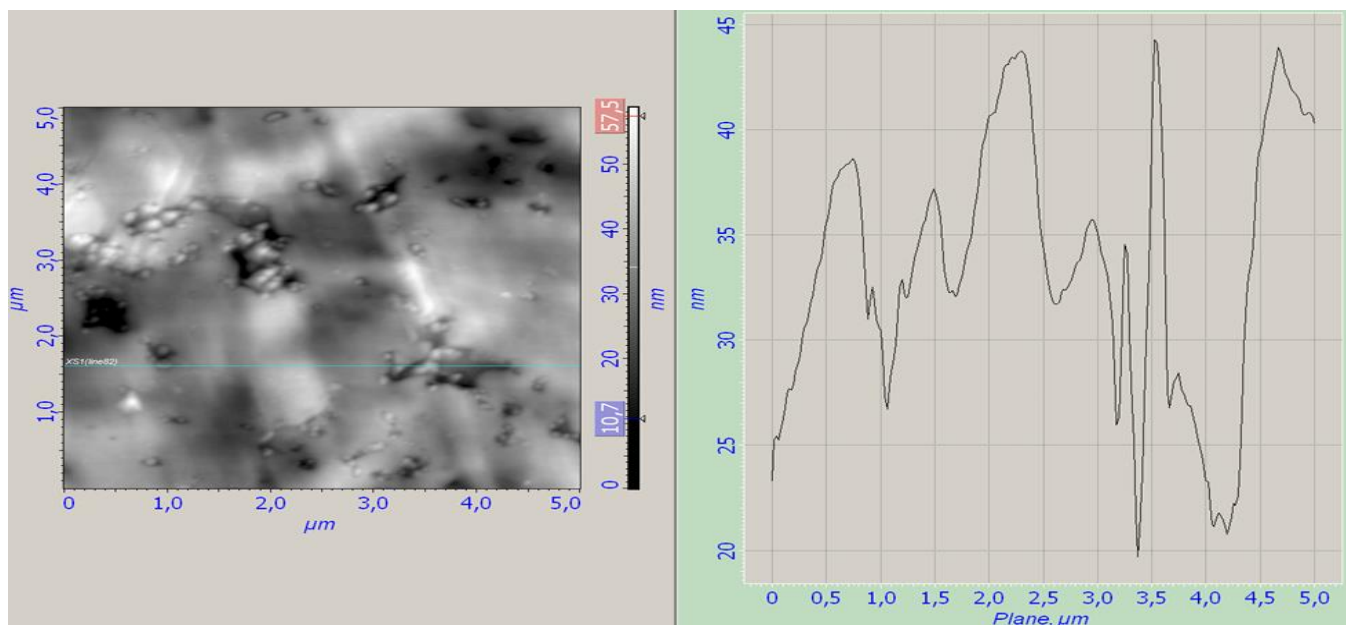
где $z_{man} = \frac{1}{N^2 \sum_{i,j=1}^N z_{ij}}$ - средняя высота точек выборки, N - объем выборки.

3. S_q – среднеквадратичная шероховатость поверхности:

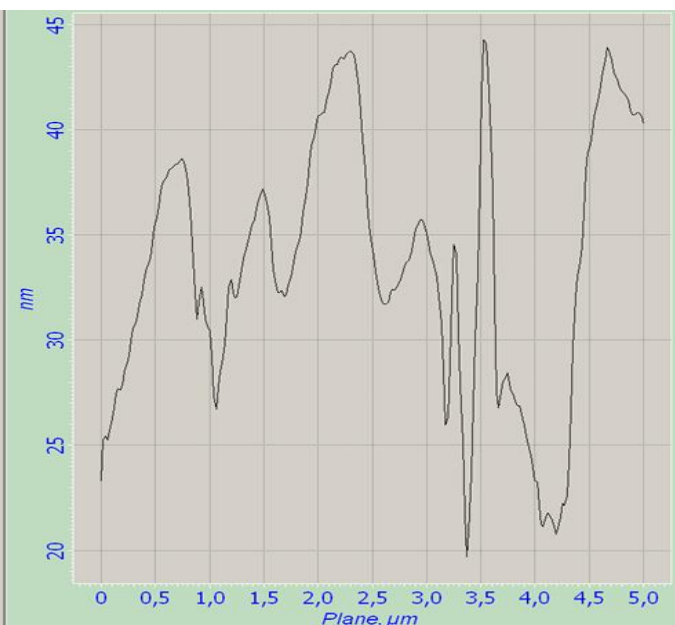
$$S_q = \frac{1}{N^2 \cdot (\sum_{i,j=1}^N (z_{ij} - z_{mean})^2)^{1/2}} \quad (3)$$

На рисунке 2 представлены изображения поверхности, полученные в режиме топографии для участка исходного композита с 70 % содержанием наполнителя. На рисунке 3 представлены изображения поверхности, полученные в режиме топографии для участка композита с 70 % содержанием наполнителя, облученного электронами.

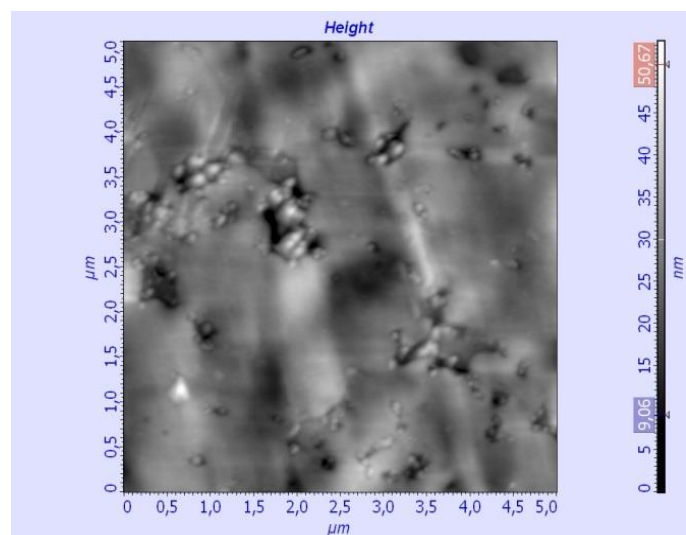
Сравнение кривых профиля поверхности до и после электронного воздействия указывает на изменение структуры поверхностного слоя композитов в нанодиапазоне. Облучение композитов приводит к увеличению шероховатости поверхностного слоя и не затрагивает более глубинные слои материала. Увеличение шероховатости композита происходит в следствие его электризация под действием электронного облучения.



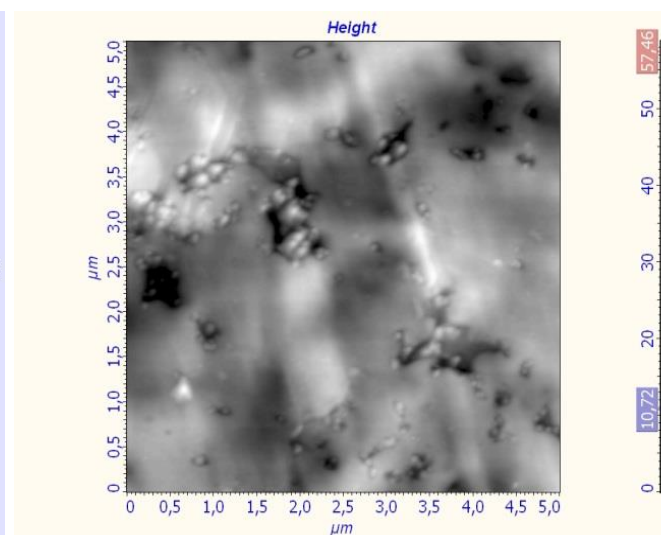
а



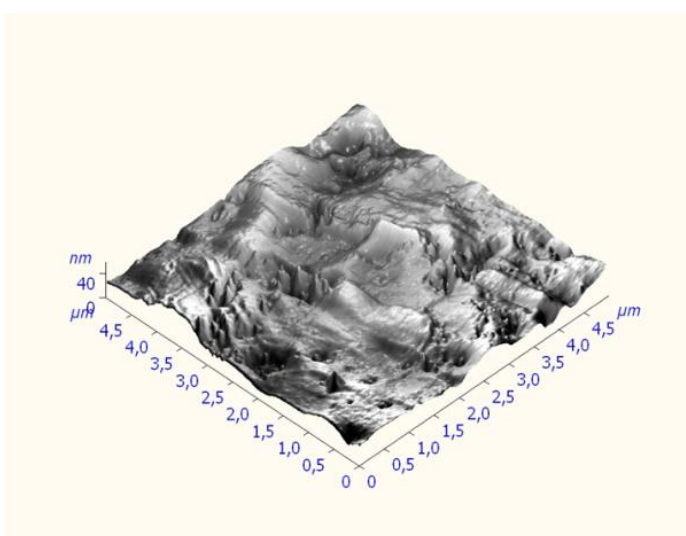
б



в



г



д

Amount of sampling	65536
Max	58,6877 nm
Min	0 nm
Peak-to-peak, Sy	58,6877 nm
Ten point height, Sz	29,4714 nm
Average	33,5353 nm
Average Roughness, Sa	6,74114 nm
Second moment	34,596
Root Mean Square, Sq	8,50097 nm
Surface skewness, Ssk	-0,166069
Coefficient of kurtosis, Ska	0,0445139
Entropy	8,57062
Redundance	-0,465015

е

Рис. 2. Исходное АСМ-изображение поверхности композита оптимального состава до облучения: а, б, в, г – двумерная модель; д – трехмерная модель; е – параметры шероховатости

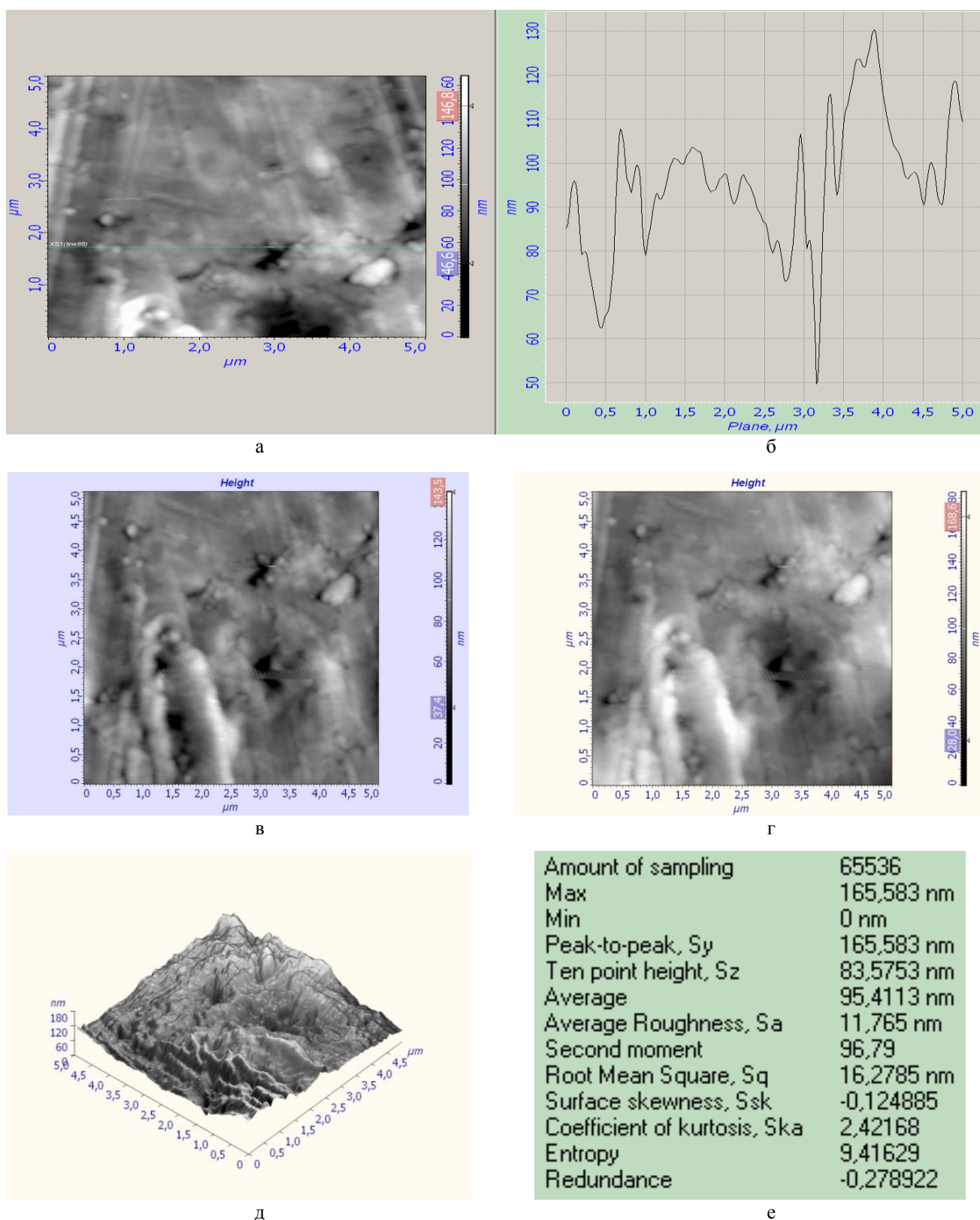


Рис. 3. АСМ-изображение поверхности композита оптимального состава после облучения: а, б, в, г – двумерная модель; д – трехмерная модель; е – параметры шероховатости

Известно, что при облучении электронами диэлектрических материалов возникает электрический пробой и наблюдается также образование фигур Лихтенберга в конце пробега протонов в исследуемых материалах [10-13]. Пробой – пример сложного физического явления, включающего в себя несколько стадий, причем на каждой протекают свои физические

процессы - электрические, кинетические, гидродинамические. Наиболее важной является стадия формирования разряда, во время которой между двумя электродами формируется сложная структура проводящих каналов, напоминающая дерево, так называемые фигуры Лихтенберга.

Фигуры Лихтенберга (ФЛ) образуются в диэлектриках при электрическом пробое и представляют собой разветвленные структурные неоднородности, которые в силу своей фрактальной геометрии способны специфически модифицировать свойства материала. Как установлено в [14-15] низкоэнергетическое электронное облучение тонких пленок может также формировать в них фигуры Лихтенберга с длинами ветвей до 100 мкм, которые существенно трансформируют поверхность и внутреннюю структуру материала. Пример изображения фигуры Лихтенберга представлен на рисунке 4.



Рис. 4. Пример изображения Фигуры Лихтенберга

На рисунке 5 представлены кривые спектров диффузного отражения разработанного композита оптимального состава до и после облучения электронами.

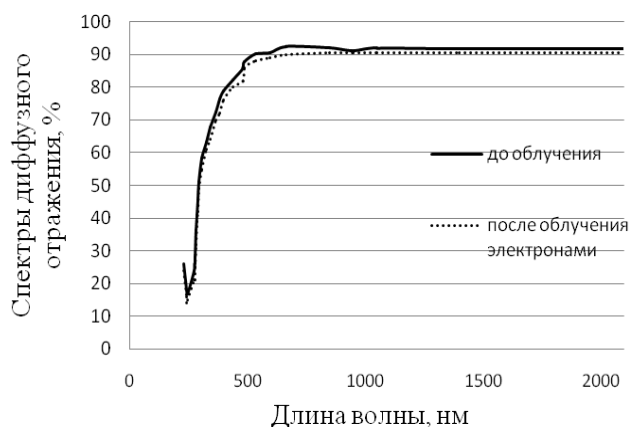


Рис. 5. Кривые спектров диффузного отражения разработанного композита оптимального состава до и после облучения электронами

Анализ рисунка 5 показывает, что кривые спектров диффузного отражения разработанного композита оптимального состава до и после облучения электронами практически одинаковые во всем рассматриваемом диапазоне длин волн от 240 до 2100 нм. Это говорит о высокой стойкости разработанного композита к электронному облучению. Для большей наглядности приведем кривую разностных спектров до и после облучения электронами (рис. 6).

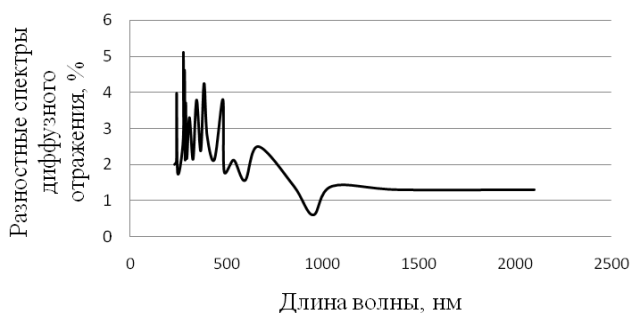


Рис. 6. Кривая зависимости разностных спектров диффузного отражения композита оптимального состава облученного электронами

Анализ разностных спектров диффузного отражения композита оптимального состава (рис. 6) показал, что коэффициент отражения после облучения электронами незначительно уменьшается в диапазоне 240...481 нм длин волн. Максимальное уменьшение коэффициента отражения на 5,1 % по сравнению с исходным наблюдается при длине волны 276 нм. После 481 нм величина разностных спектров диффузного отражения начинает уменьшаться в основном в УФ- и видимой областях спектра. Это говорит о том, что в этой области облучение электронами приносит наименьший вклад в отражательную способность исследуемого композита. В ближней ИК-области изменения не превышают 1,5 % после воздействия электронов.

Интегральный коэффициент поглощения, т.е. основную характеристику терморегулирующих покрытий (ТРП), α_s вычисляли исходя из величин коэффициентов отражения по формуле:

$$\alpha_s = 1 - R_s = 1 - \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} J_{\lambda} r_{\lambda} d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} J_{\lambda} d\lambda} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n r_{\lambda i}}{n} \quad (4)$$

где R_s – интегральный коэффициент отражения солнечного излучения r_{λ} – значение коэффициента отражения разработанного композита при длине волны λ ; n – число равноэнергетических участков солнечного спектра ($n=24$). Значения длин волн, соответствующие равноэнергетическим участкам Солнца представлены в табл. 1.

Таблица 1 Значения длин волн, соответствующие равноэнергетическим участкам Солнца

№ точки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Длина волны, нм	315	366	408	437	463	490	518	547	576	607	639	673
№ точки	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Длина волны, нм	712	754	801	855	915	984	1060	1160	1270	1420	1640	2020

Установлено, облучение композита электронами увеличивает интегральный коэффициент поглощения солнечного излучения (интегральный коэффициент поглощения α_s – основную характеристику терморегулирующих покрытий (ТРП), вычисляли исходя из

величин коэффициентов отражения). Так, для исходного композита он составляет 0,09, а после облучения электронами 0,096.

Арбитражный критерий стойкости к воздействию корпускулярного ионизирующего излучения (в том числе и потока электронов) для терморегулирующих покрытий в космическом пространстве состоит в увеличении интегрального коэффициента поглощения не более, чем на 25 %.

Увеличение интегрального коэффициента поглощения для композита оптимального состава после облучения электронами не превышает допустимых значений, что удовлетворяет нормативным условиям.

В качестве оценки проводимости полученного композита оптимального состава было измерено его удельное электрическое сопротивление. Для композита оптимального состава с 70 % наполнителя удельное электрическое сопротивление равно $4 \cdot 10^{-5}$ (Ом·м). После облучения электронами удельное электрическое сопротивление практически не изменилось и равно $4,01 \cdot 10^{-5}$ (Ом·м). Изменение менее 1% находится в пределах погрешности прибора. Очевидно, что удельное электрическое сопротивление осталось неизменным из-за того, что облучение затрагивает только поверхностные слои в нано- и микродиапазоне, так как в работе использовалось однократное облучение с небольшим флюенсом. При увеличении флюенса наблюдался бы электрический пробой, и в этом случае удельное электрическое сопротивление изменилось.

В работе было установлено, что разработанный композит не обладает магнитными свойствами. Известно, что магнитными материалами называются материалы, основным свойством которых является способность намагничиваться под влиянием внешнего магнитного поля. Некоторые из них сохраняют свою намагниченность и после прекращения воздействия магнитного поля. Разработанный материал не намагничивается под влиянием внешнего магнитного поля, поэтому измерения магнитных свойств до и после облучения электронами не представляло возможности.

Выводы: Для моделирования в наземных условиях реальной радиационной обстановки космического полета были использованы бета-радиоактивные нуклидные источники $Sr^{90} + Y^{90}$

Установлено, что после однократного облучения электронами микротвердость чистого эластомера изменяется на 57 %, а для композита оптимального состава с 70 % содержанием наполнителя не более, чем на 5 %. Таким образом, установлено, что образовавшиеся изменения композита под действием облучения электронами относятся к поверхностным явлениям, не затрагивающим глубинные слои материала.

Сравнение кривых профиля поверхности до и после электронного воздействия указывает на изменение структуры поверхностного слоя композитов в нанодиапазоне. Облучение композитов приводит к увеличению шероховатости поверхностного слоя и не затрагивает более глубокие слои материала. Увеличение

шероховатости композита происходит вследствие его электризация под действием электронного облучения.

Установлено, что облучение композита электронами увеличивает интегральный коэффициент поглощения солнечного излучения (интегральный коэффициент поглощения α_s – основную характеристику терморегулирующих покрытий (ТРП), вычисляли исходя из величин коэффициентов отражения). Так, для исходного композита он составляет 0,09, а после облучения электронами 0,096.

В качестве оценки проводимости полученного композита оптимального состава было измерено его удельное электрическое сопротивление. Для композита оптимального состава с 70 % наполнителя удельное электрическое сопротивление равно $4 \cdot 10^{-5}$ (Ом·м). После облучения электронами удельное электрическое сопротивление практически не изменилось и равно $4,01 \cdot 10^{-5}$ (Ом·м). Изменение менее 1% находится в пределах погрешности прибора. Очевидно, что удельное электрическое сопротивление осталось неизменным из-за того, что облучение затрагивает только поверхностные слои в нано- и микродиапазоне, так как в работе использовалось однократное облучение с небольшим флюенсом. При увеличении флюенса наблюдался бы электрический пробой и в этом случае удельное электрическое сопротивление изменилось.

В работе было установлено, что разработанный композит не обладает магнитными свойствами.

** Работа выполнена в рамках гранта РФФИ по договору № 16-38-50095/16 от 23 марта 2016 г.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [1] Акишин, А.И. Космическое материаловедение. Методическое и учебное пособие.–М: НИИЯФ МГУ, 2007. – с. 209.
- [2] Чирская Н.П., Воронина Е.Н., Милев В.Н. Полимерные композиты для создания высокоэффективных систем радиационной защиты космических аппаратов // Физика и химия обработки материалов. 2011. № 4. С. 20–24.
- [3] Михайлов, М.М. Светимость космических аппаратов. Спектры отражения внешних поверхностей. Физика и химия обработки материалов. 2008. №3. С.33–42.
- [4] Вернигоров К.Б., Алентьев А.Ю., Костина Ю.В. Воздействие экстремальных эксплуатационных факторов на новые модифицированные связующие для производства полимерных композиционных материалов: возможности и перспективы их применения.// Сб. статей. XVI Всерос. конф. «Структура и динамика молекулярных систем». 2009. №1. С. 158–161.
- [5] Прут Э.В. Термопластичные эластомеры: инновации и потенциал // Инноватика и экспертиза. 2013. выпуск 1(10). С. 68-75.
- [6] Prut E.V., Nedorezova P.M., Klyamkina A.N., Medintseva T.I., Zhorina L.A., Kuznetsova O.P., Chapurina A.V., Aladyshev A.M. Blend polyolefin elastomers based on a stereoblock elastomeric PP //

- Polymer Science. Series A. 2013, Volume 55, Issue 3, pp. 177-185.
- [7] Prut E.V., Medintseva T.I., Kochanova O.V., Erina N.A., Zhorina L.A., Kuleznev V.N. Influence of cross-linked system on morphology and properties of thermoplastic vulcanizates based on isotactic polypropylene and ethylene propylene diene monomer // *Journal of Thermoplastic Composite Materials*. 2015, Vol. 28, No 8, 1202–1216.
- [8] Калинин В. Термопластичные эластомеры: особенности переработки // *Пластикс №11 (93) 2010* С. 50-51.
- [9] Павленко В.И., Черкашина Н.И., Павленко З.В. Синтез нанодисперсного наполнителя для полимерных композиционных материалов терморегулирующего назначения // *Нанотехнологии в строительстве*. 2016. Том 8, № 5. С. 21–37.
- [10] Akishin A.I., Tsepiliev L.I. Destruction and Discharge Phenomena in the Irradiated Glasses // *J. Nucl. Mater.* 1996, v.233-236, p. 1318-1320
- [11] Akishin A.I., Vitoshkin E.A., Zakharov N.I., Tsepiliev L.I. Electric Discharge Mechanism of Failure of Solid Dielectrics under Proton Radiation // *Physics and Chemistry of Materials Treatment*, vol 30, no. 3, June-July, 1996. p: 197–199.
- [12] Akishin A.I. Electric Discharge Phenomena in Irradiated Dielectrics May Reduce the Reliability of Space and Thermonuclear Equipment // *Physics and Chemistry of Materials Treatment*, vol. 31, no.5, Sept-Oct.1997.p: 457–463.
- [13] Акишин А.И., Витошкин Э.А., Громов В.В., Розно А.Г., Цепляев Л.И. О релаксации внедренного объемного заряда в оптических стеклах, облученных протонами 100 МэВ // *Физика и химия обработки материалов*. 1998. № 6. С. 24–27.
- [14] Мельничук И.А., Васильев А.В., Шадрин С.В. Резонанс ДГ, закрепленных на фигурах Лихтенберга // *Новые магнитные материалы микроэлектроники: Сб. трудов XIX международной школы-семинара (28 июня - 2 июля 2004 г.)*. – Москва: МГУ, 2004. – С. 139–140.
- [15] Мельничук И.А., Васильев А.В., Шадрин С.В. Влияние фигур Лихтенберга на резонанс доменных границ тонкой одноосной пленки // *Металлофизика и новейшие технологии*. – 2005. – Т. 27, № 9. – С. 1149–1155.

КИНЕТИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ВОЗМОЖНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ «ДВИЖЕНИЯ» В ЗДАНИЯХ

THE KINETIC ARCHITECTURE IN MODERN CONSTRUCTION AND POSSIBILITIES OF «MOBILITY» IN BUILDINGS

Snezhana Tsurkina, *Shukhov Belgorod State Technological University, Institute of Architecture and Building Engineering, of the Civil Engineering Department, Belgorod, Russian Federation.*

Aleksandar Laketch, *College of Applied Technical Sciences Nis, of the Civil Engineering Department, Nis, Serbia.*

Аннотация – В статье рассмотрены типы, особенности и возможности реализации проектов кинетической архитектуры в условиях современного технического оснащения и навыков, приобретенных предыдущими поколениями. Выявлены задачи, способствующие дальнейшей реализации кинетических проектов и перспективы развития данного направления в будущем.

Ключевые слова: Кинетическая архитектура. Зеленая энергия. Проекты будущего. Современное строительство. Инженерные системы.

Abstract – The article studies types, features and possibilities of making “kinetic architecture”. The work of using modern technical equipment and skills acquired by previous generations. The main issues identified will support the implementation of projects and kinetic development perspective direction in the future.

Keywords: The kinetic architecture. Green energy. Future Projects. Modern building. The Engineering systems.

Строительство – одно из первых занятий, которые освоил древний человек. Постоянное совершенствование, начиная от обустройства пещер, заканчивая строительством замков и индивидуальных построек, обуславливает рост требований, предъявляемых к зданию.

На сегодняшний день сформировалось такое направление, связанное с уникальными строениями, как кинетическая архитектура. Она представлена различными видами сооружений, сконструированными таким образом, что их части могут двигаться относительно друг друга, не нарушая общую целостность структуры. По-другому, кинетическую архитектуру называют динамической, и относят к направлению архитектуры будущего.

Подвижность здания может использоваться для усиления эстетических свойств, для ответа на условия воздействия окружающей среды и выполнения функций, которые были бы несвойственны для здания со статической структурой.

Русские архитекторы были одни из первых, кто попробовал себя в «архитектуре будущего». В 1920 году архитектор Владимир Евграфович Татлин создал макет Башни III Интернационала (рис. 1), которая задумывалась в форме двойной спирали, закручивающейся до 400 метров в высоту. Особенностью Башни должны были стать три огромные вращающиеся геометрические структуры. Первая структура – это куб, совершающий полный оборот вокруг своей оси в течение одного года. Центральную часть – конус, с оборотом вокруг своей оси в течение месяца. И

на вершине – цилиндр, оборачивающийся за сутки. Но Башня так и не была построена [1].



Рисунок 1. Макет Башни III Интернационала.

В 40-е годы эксперименты с подвижными частями зданий продолжились в Америке, где Бакминстер Фуллер проектировал жилые дома с элементами кинетической архитектуры. В 70-е годы инженер-строитель, архитектор

Вильям Зук опубликовал свой труд «Кинетическая архитектура», который вдохновил новое поколение на разработку широкого ряда действующих подвижных сооружений.

Здания-трансформеры начали строиться с 80-х годов XIX века. А в 1989 году архитектором Хосе Леонидас Мехия была разработана концепция в данной области с упором на передвижные конструкции. Поэтому архитектор Мехия запускает свой экспериментальный проект «The Arkinetic house», в котором были возможны передвижения частей здания, и функционировало оно с помощью возобновляемых энергетических ресурсов [2].

Возможности практического применения кинетической архитектуры резко возросли в конце XX века благодаря достижениям в областях механики, электроники и робототехники, а к началу XXI века сформировались несколько типов кинетической архитектуры.

К первому типу относятся функциональные строения, например, мосты, дающие возможность проплывать большим кораблям или связывать водные пути разноуровневых рек. Второй тип - здания-трансформеры, способные изменять свою форму. И наконец, третий тип кинетической архитектуры отличается тем, что движение происходит на поверхности здания, например фасад на фотоэлементах [3].

Кинетическую архитектуру от привычной для нас отличают такие особенности как:

- форма здания, которая постоянно меняется, приспособляясь к солнцу и ветру;
- возможность использования природной энергии в строительстве;
- динамический метод строительства, который позволяет возводить здания из сборных элементов, которые производятся на заводах и поступают на строительную площадку уже законченными. Все основные элементы, создающие движение, из современных металлических материалов: стали, алюминия, карбона и прочих. Такие здания прочные и гибкие.

Однако для реализации проектов кинетической архитектуры необходимо решить ряд задач, направленных на бесперебойное функционирование данного строения. Наиболее проблематичными с этой точки зрения являются здания-трансформеры.

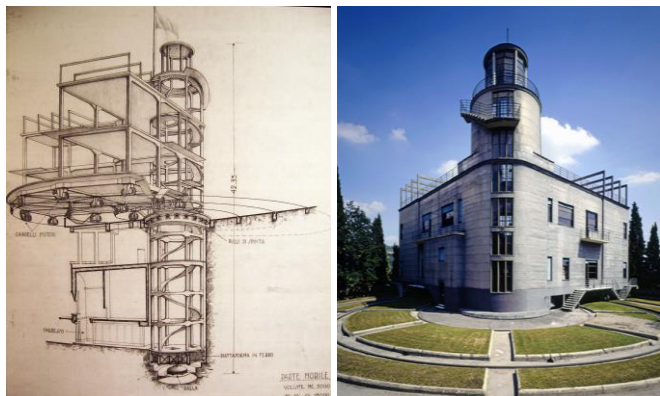


Рисунок 2. Villa Girasole, Италия.

Ранее построенные Villa Girasole в Италии (рис. 2) и жилой комплекс Suite Volland в Бразилии (рис. 3) являются первыми в мире кинетическими зданиями, однако все инженерные коммуникации располагаются в центральной части здания - неподвижном каркасном стволе.

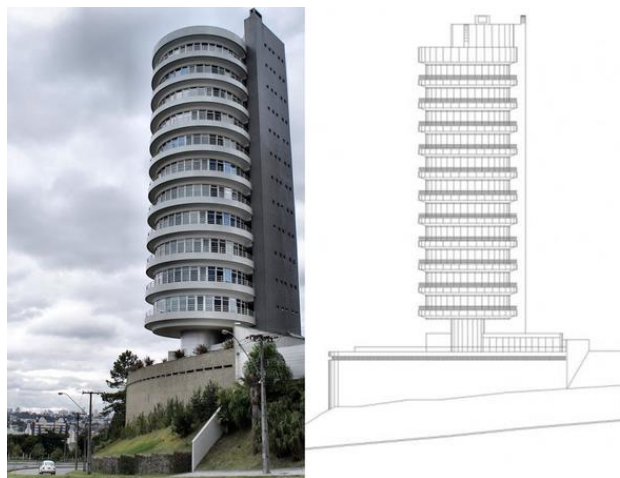


Рисунок 3. Suite Volland, Бразилия.

На модели, еще нереализованного проекта Дэвида Фишера - Dynamic Tower (рис. 4), видно, что в статическом стволе расположены лестнично-лифтовые узлы и паркинги, а кухни с санузлами находятся за его пределами. Это говорит о том, что данные сооружения требуют разработки инженерных систем, которые ранее не использовались в строительстве [4].

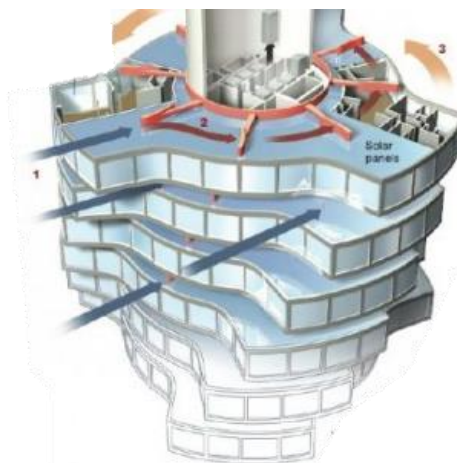


Рисунок 4. Dynamic Tower.

Решением данной задачи является:

1. Проектирование систем водоснабжения и водоотведения таким образом, чтобы в контрольных точках в определенный момент времени, когда здание становится статическим и приобретает исходную форму, происходил сброс канализационных и подкачка хозяйственно-питьевых вод, или создание подвижной системы водоснабжения и водоотведения [5];
2. Оснащение электропроводки с дополнительными бобинами устройствами автоматической смотки провода, при сокращении его рабочей длины;

3. Устройство лестнично-лифтового узла в пространстве статического центрального ствола, выступающего несущим элементом;
4. Механизм вращения, разработанный на основе планетарных зубчатых передач;
5. Высокое энергопотребление здания может быть оправдано использованием «зеленой» энергии.

Таким образом, новое веяние архитектуры ставит перед проектировщиками задачи по разработке подвижных инженерных систем в кинетических зданиях.

С учётом наметившейся тенденции, есть все шансы, что связь природы и архитектуры станет главным трендом в строительстве в ближайшие годы. Будущее кинетической архитектуры — за проектами, которые смогут соединить в себе интеллектуальные инженерные решения, привлекательный внешний вид и преобразовать энергию солнца, воды или света в городское зрелище [6].

Библиография:

- [1] Пунин Н. Н. Памятник III интернационала. Проект художника В.Е. Татлина. Петроград: Издание отд. Изоб. Искусств Н.К.П., 1920.
- [2] Энтони Хассел, Дэвид Бойл, Джереми Харвуд, Modern Architecture. ISBN. 978-5-404-00027-6, 2010
- [3] <http://zakaz-servis.ru/posts/1813182>
- [4] <http://www.dynamicarchitecture.net/>
- [5] Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения. Попкович Г.С., Гордеев М.А. 1986
- [6] https://life.ru/t/%D0%B4%D0%BE%D0%BC/890980/kinetichieskaia_arkhitiektura_doma_kotoryie_umieiut_dvighatsia

STUDENSKI RADOVI OBJAVLJENI U TOKU KALENDARSKJE 2016. GOD.

THE EVALUATION OF SPEECH INTELLIGIBILITY IN THE ORTHODOX CHURCH ON THE BASIS OF MOS TEST INTELLIGIBILITY LOGATOM TYPE CCV

Dijana Kostić, Zoran Milivojević and Violeta Stojanović
College of Applied Technical Sciences of Nis, Serbia

<http://icestconf.org/wp-content/uploads/2016/proceedings/ICEST2016.pdf>

SERBIAN SENTENCE MATRIX TEST FOR SPEECH INTELLIGIBILITY MEASUREMENT IN DIFFERENT REVERBERANT CONDITIONS

Zoran Milivojević, Dijana Kostić, Zoran Veličković, *College of Applied Technical Sciences of Nis, Serbia*
Darko Brodić, *University of Belgrade, Technical Faculty in Bor, Serbia*

<http://unitech.tugab.bg/docs/doc101.pdf>

ANALIZA PONAŠANJA PEŠAKA KAO UČESNIKA U SAOBRAĆAJU NA TERITORIJI OPŠTINE PIROT

ANALYSIS OF THE BEHAVIOUR OF PEDESTRIANS IN TRAFFIC OF THE MUNICIPALITY OF PIROT

Canić Aleksandar, Student, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš, Srbija*
Mladenović Milica, Student, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš, Srbija*

<http://bslz.org/proceedings/2016>

The Evaluation of Speech Intelligibility in the Orthodox Church on the Basis of MOS Test Intelligibility Logatom Type CCV

Dijana Kostić¹, Zoran Milivojević² and Violeta Stojanović³

Abstract – This paper presents the evaluation of the intelligibility of speech in the Orthodox Church on the basis of MOS test intelligibility logatom type CCV in the presence of Babble noise, for some values of the SNR. First part of the paper described the experiment and the results of the experiment are shown in graphical and tabular form. The second part is an analysis of the results and a comparison with the International Standard IEC 60268 – 16. On the basis of comparative analysis was shown that the intelligibility of speech in the Orthodox Church is poor.

Keywords – intelligibility of speech, the room impulse response (RIR), Babble noise, MOS, intelligibility of logatom.

I. INTRODUCTION

From the aspect of information content the speech signal is the most important acoustic signal. It holds a huge amount of information and is therefore very important to ensure transmission quality and understanding of the messages that carries [1].

French, Steinberg and Beranek 1947 were the first who highlight the problem of transmission and speech intelligibility [2]. Kryten in 1962 introduced the articulation index, AI . Peutz in 1971 has developed an algorithm to predict the intelligibility of speech in auditoriums and suggested parameter which refers to the loss of articulation of consonants, AI_{cons} [3]. Houtgast and Steeneken in 1980 confirmed an objective method to measure the quality of voice transmission in the room [2], and suggested the acoustic parameters of the speech transmission index, STI [4]. Subjective systems evaluation for transmitting voice using open and closed tests intelligibility, were first performed by Fletcher and Steinberg in 1929 [2], then Egan in 1944, Miller and Nicely in 1955, House in 1965 and Voiers in 1977 etc. Tests intelligibility was represented by words test (usually with logatoms (monosyllabic words without meaning) type CVC, VCV, CV, VC, CCVC, CVCC, (C - consonant, V-vocal)), test sentence or test of syllables. Review of tests for evaluating intelligibility of speech was given by Pols in 1991

¹ Dijana Kostić is with the College of Applied Technical Sciences of Niš, 20. Aleksandra Medvedeva, St, 18000 Niš, Serbia, e-mail: koricanac@yahoo.com

² Zoran Milivojević is with the College of Applied Technical Sciences of Niš, 20. Aleksandra Medvedeva, St, 18000 Niš, Serbia, e-mail: zoran.milivojevic@vtsnis.edu.rs

³ Violeta Stojanović is with the College of Applied Technical Sciences of Niš, 20. Aleksandra Medvedeva, St, 18000 Niš, Serbia, e-mail: violeta.stojanovic@vtsnis.edu.rs

and Steeneken in 1992.

The following factors have an influence on the speech intelligibility [1]: the width of the band, distortion in the figurative sense, the strength of speech, ambient noise and Babble noise, reverberation and influence direct and reflected sound. Babble noise is a consequence at the same time speech N persons (BNN) and its presence leads to the degradation of the useful acoustic signal which is a measure of the Signal-to-Noise Ratio SNR [5]. In the given physical circumstances intelligibility of speech depends on: the content of speech, speech production and precision of diction speaker, listener's concentration in speech, age, etc.

Intelligibility of speech in a language implies intelligibility logatom. The correlation between intelligibility logatom and intelligibility of speech is shown in Table I [6].

TABLE I
THE CORRELATION BETWEEN THE INTELLIGIBILITY LOGATOMS (IL)
AND SPEECH INTELLIGIBILITY (SI).

IL (%)	0÷34	34÷65	65÷85	85÷95	95÷100
SI (%)	bad	poor	fair	good	excellent

In a speech different phonemes (sounds) carry a different energy. Higher participation in speech (in terms of time excuse) has vocals than consonants. Also, they carry more energy than consonants. However, for intelligibility speech more important are consonants.

There are 30 phonemes (votes) [7] in the Serbian language. Phonemes by their common traits can be divided into groups: a) according to the noise level: silent (to the vocals, there are 5 and the noise (to the consonants, there are 25), b) according to the frequency of occurrence in the Serbian language phonetically balanced phoneme type CVC and the type of CCV and c) uniformly balanced logatoms all of which are equally represented in the Serbian language and forms are CVCV. The vocals are audible, while consonants may be audible and voiceless.

This paper presents the evaluation of speech intelligibility in the Orthodox Church on the basis of Mean Opinion Score (MOS) test intelligibility CCV logatom, in the presence of Babble noise, for some values of the SNR. The measurement was performed by creating a base of logatom, the impulse response of the church, the church of simulated acoustic signals and simulated acoustic signal with superimposed Babble noise the predefined relationships SNR. The effect of the acoustic environment of the church was simulated, using Matlab, using convoluting speech signal with recorded impulse responses of the church. Simulation of the effect of people who speak and disrupt the original signal is generated

by superposition Babble noise and acoustic signals generated church. Testing was performed by the open MOS test and listeners were wrote down reproduced logatoms as they hear them. After analyzing the results and comparisons with the International Standard IEC 60268-16: 2011 brings to a conclusion of the evaluation of speech intelligibility in the church.

The organization of work is as follows: Section II explains the experiment and the results are presented. Section III presents the analysis results of the test MOS intelligibility CCV logatom basis on MOS test intelligibility CCV logatom in the presence of Babble noise, for some values of the SNR. Section IV is the conclusion.

II. EXPERIMENTS

In the paper we made the evaluation of speech intelligibility for the Orthodox Church “Holy Martyr Procopius” in Katun (Nis, Serbia) using MOS test intelligibility logatom type CCV, in the presence of Babble noise for SNR = {-10, -5, 0, 10, 20, 30}dB.

Volume and the total internal surface of the Orthodox Churches are $V = 1659.68 \text{ m}^3$ and $S = 646.48 \text{ m}^2$. Reverberation time $RT = 2.06 \text{ s}$.

For intelligibility of the MOS test signals are formed which block diagram shown in Fig. 1 where: \mathbf{x} pure speech signal, \mathbf{h} the impulse response of the church, \mathbf{y} generated acoustic signal and \mathbf{z} generated acoustic signal with superimposed noise Babble **BNN**.

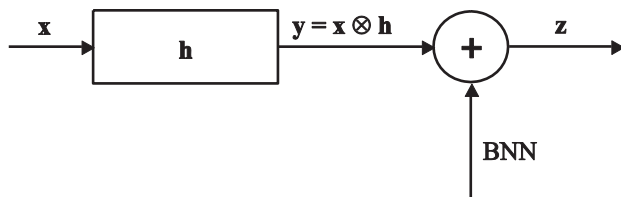


Fig. 1. Block diagram of the signal formed by MOS test intelligibility logatom type CCV

A MOS intelligibility test was conducted with 30 listeners (15 female and 15 male, age 18 ÷ 25), which are recorded phonetically balanced logatoms output from the player. The MOS test contains a list of 3 types of phonetically balanced logatom CCV (Table II). The results are analyzed on the basis of correct and incorrect written answers.

Intelligibility logatom, LI , in a measurement point for each MP for each listener in the presence of Babble noise with specific values SNR is calculated according to Eq. 1:

$$LI(\%) = \frac{NEWL}{NLS} \cdot 100, \quad (1)$$

where: $NEWL$ - the number exactly written logatom and NLS - the number of words spoken logatom. Calculated the average value of each type of intelligibility logatom and all logatom for all listeners in the MP for a specific value SNR.

A. The Basis

The base of the experiment consists of: **1)** the base of the original signal \mathbf{x} : recorded 6 speakers (3 men and 3 women, age 18 ÷ 25) who read test made the list of the three types phonetically balanced logatom CCV of 30 words; **2)** a base impulse response of the church: the database includes wav files that were obtained by recording the acoustic impulse response using the software package EASERA. Recordings were made at measuring point MP, which is shown in Fig.2.

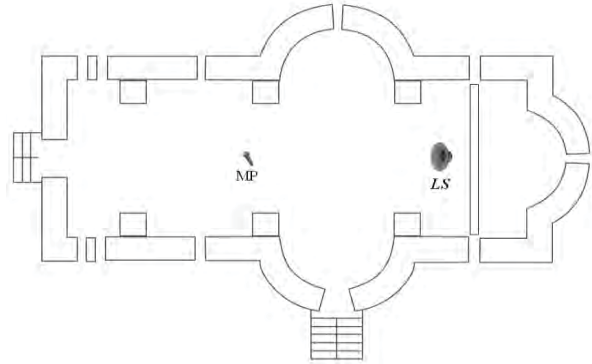


Fig. 2. The position of measuring point MP and sound source LS in the church during the recording impulse response.

Measuring point MP is 7m away from the sound source LS. 7 measurements were carried out, making a total of 7 wav files. Impulse response measurement was performed by the excitation sweep signal for a period of 6 s. The Sampling frequency is $f_s = 44.1 \text{ kHz}$. The measurement of the impulse response of the church was performed in accordance with ISO 3382 [8]. **3)** the base of a simulated acoustic signal: the effect of the acoustic environment of the church was simulated, using Matlab, convolution (signal \mathbf{y}) of the speech signal from the base \mathbf{x} , with recorded impulse responses of the church to the measuring point MP. **4)** base of Babble noise BN: Babble noise was recorded with 8 speakers (BN8), 4 male and 4 female (age 18 ÷ 25) (signal **BNN**) and **5)** of the base of a simulated acoustic signal with superimposed BN8 noise for SNR = {-10, -5, 0, 10, 20, 30} dB, (signal \mathbf{z}).

B. The Results

Table II shows the intelligibility logatom CCV type 1, type 2 and type 3. Table III shows the middle values of intelligibility logatom CCV type 1, type 2, type 3 and the middle value of the intelligibility of all types logatom observed for pure signal to the input signal \mathbf{x} and the impulse response of the church, \mathbf{y} . Figs. (3 – 5) shows the intelligibility of CCV logatom type 1 SNR = {-10, 10} dB, type 2 for SNR = {-5, 20} dB and type 3 for SNR = {0, 30} dB, respectively. Fig. 6. shows the intelligibility of all analyzed CCV logatom on these values SNR. On figures at the abscissa are ordinal numbers that are shown in Table II.

TABLE II
INTELLIGIBILITY CCV LOGATOM.

CCV type 1										
ord. num.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
logatom	BLE	ŠLJA	DNJE	BRI	VRE	PLJE	RNO	DRU	TRA	GDI
x (%)	66.67	77.78	100	100	100	22.23	100	100	100	88.89
logatom	ČNU	SMI	TNI	FRA	PRO	SKO	SKE	PRI	VRA	STU
y (%)	0	0	55.56	77.78	55.56	77.78	55.56	77.78	88.89	22.23
logatom	SPO	BRE	PRU	TRO	GLE	GRU	BRA	TNA	VNE	ŠKO
$z _{SNR=-10dB}$	0	0	11.11	0	0	0	11.11	0	0	0
$z _{SNR=10dB}$	0	44.44	55.56	88.89	55.56	66.67	55.56	33.33	0	11.11
CCV type 2										
ord.num.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
logatom	SHO	DRE	KSI	ČKU	BRE	HVA	ZNA	ŠKE	KNI	TLA
x (%)	81.82	100	100	81.82	100	90.91	100	90.91	90.91	81.82
logatom	KRI	VNO	DRA	SLO	ČNO	SLI	SKI	PRU	SJI	DRI
y (%)	54.55	9.09	72.73	9.09	18.18	45.45	54.55	18.18	0	0
logatom	ŠLU	PNO	DRO	GRA	DRU	TNE	DRA	SRE	PRE	SNA
$z _{SNR=-5dB}$	0	0	54.55	18.18	45.45	0	45.45	18.18	45.45	0
$z _{SNR=20dB}$	0	0	45.45	45.45	63.64	0	63.64	54.55	81.82	63.64
CCV type 3										
ord.num.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
logatom	TRA	ŽDO	TRI	SPI	KTE	ČNA	KLE	PNE	SVA	ZLA
x (%)	70	30	90	80	80	30	60	40	90	100
logatom	TVA	MNE	SLU	TSO	SPE	DNE	SRA	SNO	SKO	ŠLU
y (%)	10	0	0	30	50	0	20	0	20	10
logatom	STE	DNO	PRA	ŠTE	KSA	MNA	SMA	PRI	STI	SVE
$z _{SNR=0dB}$	0	0	20	0	0	0	0	20	0	20
$z _{SNR=30dB}$	70	0	40	50	0	0	0	50	40	10

TABLE III
THE MIDDLE VALUE INTELLIGIBILITY CCV LOGATOMS.

Signal	SNR (dB)	Type of logatom			\overline{CCV}
		CCV type 1	CCV type 2	CCV type 3	
x (%)	∞	85.56	91.82	67	81.46
y (%)	∞	51.11	27.27	14	30.79
z (%)	-10	1.11	/	/	
	-5	/	22.73	/	
	0	/	/	6	
	10	41.11	/	/	
	20	/	41.82	/	
	30	/	/	26	

III. THE RESULTS ANALYSIS

1. Based on the results for the user CCV logatom after signals (Table II and Figures (3 - 6) concluded that: a) 46.67% logatom CCV presented by pure speech signal has excellent,

at 23.33% good, and fair, and 6.67% have a bad intelligibility; b) 60% logatom represented CCV the input signal with the impulse response of the church has a bad, 23.33% poor, 13.33% fair and 3.33% have a good intelligibility; c) all CCV logatoms represented by the input signal with the impulse response of the church and Babble noise with SNR = {-10, -5, 0 dB} have the highest percentage of bad intelligibility: 100%, 60% and 100%, respectively; 40% of these signals with the SNR = -5 dB are poor intelligibility; d) CCV logatoms signal presented in the impulse response of the church and Babble noise with SNR = 10 dB has 10% good and fair intelligibility a 40% poor and bad intelligibility; e) logatoms signal presented to the impulse response of the church and Babble noise with SNR = 20 dB have the highest percentage of poor intelligibility, 60%, followed by bad with 30% and fair intelligibility with 10%; f) logatoms signal presented in the impulse response of the church and Babble noise with SNR=30dB has the highest percentage of poor intelligibility, 50%, then bad, 40% and fair intelligibility only 10%.

2. Based on the middle value intelligibility logatom CCV by signals (Table III.) concludes that: a) for all CCV logatoms presented pure input signal intelligibility is fair (81.46%). The only logatoms CCV type 2, with middle value intelligibility

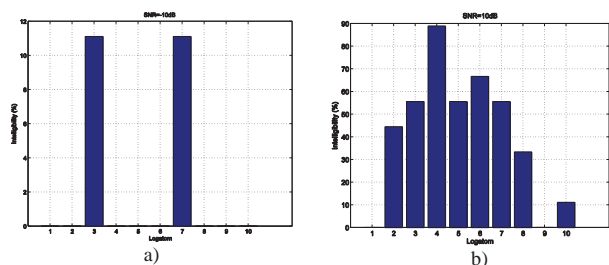


Fig. 3. Intelligibility CCV logatom type 1: a) SNR = -10 dB and b) SNR = 10 dB

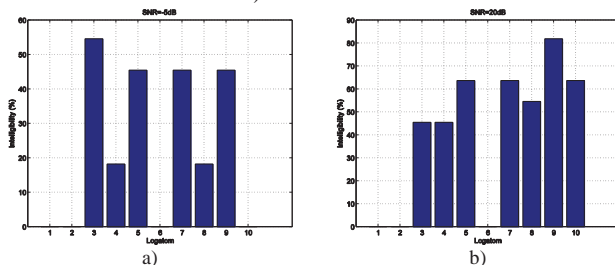


Fig. 4. Intelligibility CCV logatom type 2: a) SNR = -5 dB and b) SNR = 20 dB.

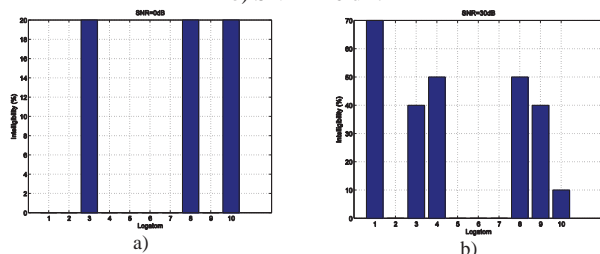


Fig. 5. Intelligibility CCV logatom type 3: a) SNR = 0 dB and b) SNR = 30 dB.

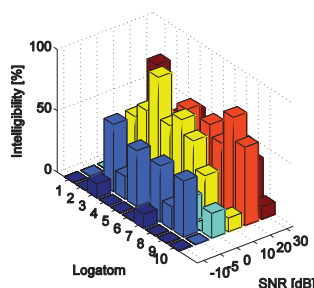


Fig. 6. Intelligibility CCV logatom for SNR = {-10, -5, 0, 10, 20, 30} dB.

that belongs to the good intelligibility while logatoms CCV type 1 have a fair intelligibility (85.56%), and logatoms CCV type 3 have a bad intelligibility (67%); b) middle value intelligibility logatom CCV type 1 (51.11%), type 2 (27.27%) and type 3 (14%) represented by the input signal with the impulse response of the church belongs to the values of bad intelligibility. This has the effect that the middle value of intelligibility of all these signals (30.79%) belongs to the range of values which classifies the signal into bad intelligibility.

3. All CCV logatoms presented with impulse response signals and Babble noise with one of the selected values SNR = {-10, -5, 0, 10, 20, 30} dB have a middle value of

intelligibility, which puts them in a bad intelligibility. The highest percentage of bad intelligibility is presented logatoms signals with SNR = 20 dB, 41.82%. The lowest percentage of bad intelligibility is presented logatoms signals with SNR = -10 dB, 1.11%.

Based on the results of the experiment it is concluded that the greatest value of the percentage of intelligibility CCV logatom presented with a pure speech signal, 46.67%, classifies speech intelligibility in the Orthodox Church as an excellent intelligibility. However, already the largest percentage of intelligibility CCV logatom presented through the signals from the impulse response of the church, 60% classify speech intelligibility in the Orthodox Church as a bad intelligibility. Bad speech intelligibility in the Orthodox Church confirmed by the percentage of intelligibility logatom presented with impulse response signals and Babble noise with values SNR = {-10, -5, 0, 10, 20, 30} dB, which was expected.

IV. CONCLUSION

This paper is based on a comparison of the results obtained MOS test for the evaluation of subjective intelligibility logatom CCV type in the presence of Babble noise from the Orthodox Church and the comparable value for the intelligibility logatom and intelligibility of speech given to the International Standard IEC 60268-16.

Based on the above performed analysis showed that CCV logatoms represented signals with impulse response and Babble noise with values SNR = {-10, -5, 0, 10, 20, 30} dB have a middle value of subjective intelligibility 6% ÷ 41.82%. On this basis, it is concluded that the intelligibility of speech in the ambience of the Orthodox Church is *bad*. The reason for bad speech intelligibility in the ambience of the Orthodox Church is definitely the huge value of the reverberation time.

REFERENCES

- [1] H. Kuttruff, Room acoustics, fifth edition, Spoon Press, 2009.
- [2] H. J. M. Steeneken, "On measuring and predicting speech intelligibility", Academisch Proefschrift, Soesterberg, 1992.
- [3] Peutz, V. M. A. "Articulation Loss of Consonants as a criterion for Speech Transmission in a Room", J. AUDIO – ENG. SOC. Vol 19, p. 915 - 919, 1971.
- [4] Steeneken, H. J. M., "Apsyhical Method for measuring Speech Transmission Quality", J. ACOUST. SOC. AM., Vol 19, 1980.
- [5] N. Krishnamurthy, Student member, IEEE, and John H.L. Hansen, Fellow IEEE, "Babble Noise: Modeling, Analysis and Applications", IEEE Transactions on audio, speech and language processing, vol 17, no.7 September 2009.
- [6] International Electrotechnical Commission IEC 60268-16 – International Standard: Sound system equipment – Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index, Switzerland: IEC, 2011.
- [7] Lj. Subotić, D. Sredojević, I. Bjelaković, Fonetika i fonologija: ortoepska i ortografska norma standardnog srpskog jezika, Filozofski fakultet, Novi Sad, 2012.
- [8] ISO 3382: 1997, Acoustic - Measurement of the Reverberation Time of Rooms with Reference to Other Acoustical Parameters, 1997.

SERBIAN SENTENCE MATRIX TEST FOR SPEECH INTELLIGIBILITY MEASUREMENT IN DIFFERENT REVERBERANT CONDITIONS

Zoran Milivojević, Dijana Kostić, Zoran Veličković,
College of Applied Technical Sciences of Nis, Serbia
Darko Brodić,
University of Belgrade, Technical Faculty in Bor, Serbia

Abstract

In first part of paper it was shown base of word from which is formed Serbian Matrix Sentences Test (MST). MST is compliant with English Matrix Sentences Test in syntactically structure. Phonetics structure is equivalent with phonetics structure literary Serbian language. In second part of paper it was shown results of testing intelligibility of whole sentences, words and type of words (name, verb, number, adjective and object) using Serbian Matrix Sentences Test in the conditions of variable reverberation time (RT). Results are shown in tabular and graphics form. At the end it was performed comparative analysis and given probability in which is intelligibility greater than 90%.

Keywords: Matrix sentences test (MST), reverberation time (RT), room impulse response (RIR),

1. INTRODUCTION

Analysis intelligibility of speech can be performed on several ways using: a) logatome test [1], b) Phonetically Balanced (PB) test [2] and c) sentences test [3]. Isolated words test can be in semantic meaning in some language: a) meaningful and b) meaningless. Semantic meaningless words are called *logatome* [1]. The Phonetically Balanced (PB) test is one of the standard for measuring the intelligibility of speech over communication system. The test consist 50 word list that are phonetically balanced [2]. Sentences test implies testing intelligibility of speech using: a) sentences with various syntactically structure, and b) sentences with fixed syntactically structure, Matrix Sentences Test (MST). Sentences with various syntactically structure are analysis sentences which are frequent in communication sense [3].

MST contains N sentences composed from M type of word some language with fixed syntactically structure [4]. In [5] is shown MST base of word for English language which is composed from $N=10$ sentences with $M=5$ type of word with fixed syntactically structure (name, verb, number, adjective, object). In the phase of testing, computer according to a random law, choose word from certain type of word and formed a sentences. On this way it is

possible $N^M=10^5=100000$ sentences. This provide big coincidence in forming sentences. The results can be: a) recognition the whole sentences or b) some word. Matrix sentence test was developed for the following languages: US English [6], Polish [7], Spanish [8], French [9], Russia [10] Turkish [11].

Tests intelligibility of speech can be implemented for different conditions: a) superimposed noise like babble noise, Gaussian noise (noise are expressed by parameter Signal to Noise Ration (SNR)) [12], and b) reverberation time (RT) of ambient (RT=0.5÷5s) [13].

In this paper it presented sentences from which is formed MST base for Serbian language (Serbian MST), which is created from the authors. In syntactically structure Serbian MST base is compliant with base for English language (name, verb, number, adjective, object) [5]. For verification in phonetically sense, frequency of occurrence vocals and consonants, Serbian MST was compared with novel “The Bridge on Drina” on Serbian language for which is the author Ivo Andrić awarded with the Nobel prize for literature 1961.

This paper is organized as follows. In the Section 2 there is a description of the Serbian Matrix Test Sentences. In Section 3 was

shown experimental results intelligibility Serbian language using MST in the condition of different reverberation time (RT). Section 4 represents the conclusion.

2. SERBIAN MATRIX TEST SENTENCES

The starting base of international matrix of tests makes Hagerman's sentences test [4], which base consist ten equal syntactic structure sentences. Each sentence contains: name, verb, number, adjective and object. In this way we get a base of 50 independent words and their mutual combinations can be form 100000 sentences.

2.1 Serbian MST base

The base of matrix test for the Serbian language consists of ten sentences, the same syntactic structure. The syntactic structure was respected as well as for the other international test matrix (name, verb, number, adjective and object). The words that make sentences were selected to be frequent in the Serbian language, grammatically correct, neutral and balanced syllables. In Table 1 was shown sentences from Serbian MST and in Table 2 meaning on English language.

Recording a base matrix test was performed at the premises the College of Applied Technical Sciences of Nis, Serbia. The sentences was read a female age 22, with clear diction. Recording was performed for $f_s=44.100$ kHz, and 16 bps. Speech signal was memorized on Hard drive in form *wav* files.

Table 1. Matrix test sentences for Serbian language

Name	Verb	Number	Adjective	Object
Slaviša	čuva	osamsto	skupih	knjiga
Tamara	kupuje	sedamdeset	crvenih	jabuka
Gordana	ima	šesnaest	čistih	stolova
Tomislav	pravi	petnaest	velikih	kuća
Jasmina	želi	deset	jeftinih	rukavica
Miodrag	vidi	devet	različitih	brodova
Marina	daje	osam	žutih	stolica
Dragoslav	prodaje	sedam	novih	fotelja
Miroslav	briše	šest	starih	ormara
Danica	voli	pet	lepih	cvetova

Table 2. Matrix test sentences for Serbian language in English language

Name	Verb	Number	Adjective	Object
Slaviša	keep	eight	expensive	books

		hundred		
Tamara	buys	seventy	red	apple
Gordana	has	sixteen	clean	tables
Tomislav	makes	fifteen	big	houses
Jasmina	wants	ten	cheap	gloves
Miodrag	sees	nine	different	ships
Marina	gives	eight	yellow	chairs
Dragoslav	sales	seven	new	armchair
Miroslav	clears	six	old	closet
Danica	likes	five	nice	flowers

2.2 Phonetic structure

Results phonetically structure Serbian MST shown graphic ('o') on Fig. 1. In the purpose comparison, like reference, was analysis phonetic occurrence at novel "The Bridge on Drina" for which is the author Ivo Andrić awarded with the Nobel prize for literature 1961. Novel have a 1329154 phonemes. Percent of occurrence was graphic shown in Fig. 1. ('□'). It can be seen great correlation distribution phonemes, so it can be considered that the Serbian MST with good phonetically structure. From Fig. 1. can be seen greater occurrence (b, g, d, đ, ž, z, dž, p, k, t, ć, š, s, č, f, h, c).

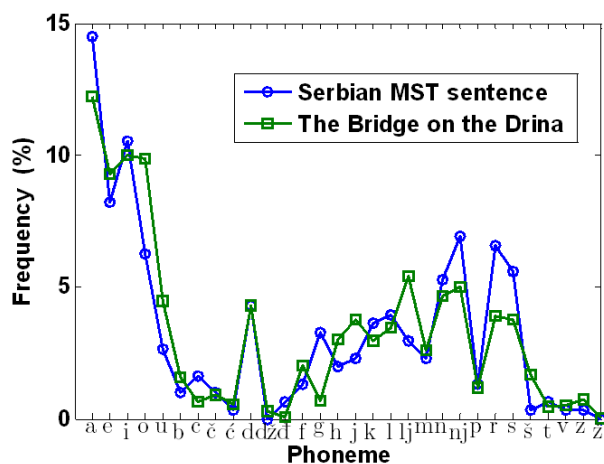


Fig. 1. Phonetic structure Serbian MST.

3. EXPERIMENTS RESULTS AND ANALYSIS

In order to determine the intelligibility of speech in Serbian language in ambient conditions with variable reverberation time using Serbian MST was conducted experiment.

3.1 Experiment

Preparing experiment of intelligibility was performed in following steps:

Step 1: Forming Serbian MST base (Section 2.1),
Step 2: Forming base of room impulse response (RIR),
Step 3: Forming test group for measuring intelligibility.

The experiment was implemented by making the subjects comfortably placed in an acoustically isolated room and they were listened speech signal using headphone. Speech signal which presented sentences are generated with computer, for examiner and examinee by random combinations. After that, the speech signal is generated in the way that is performed by convolution with impulse response. Room impulse response is random for examiner and examinee. On the screen were display sentence which represent current speech signal and reverberation time, calculated from impulse response. The screen is visible only for examiner. Examinee listened speech signal and loud spoke what he/she hear. In the case that the answer is incorrect it is considered that: a) incorrect whole sentence, b) incorrect some type of word. At the end of testing it is implemented statistic analysis i.e. it's calculating percent success intelligibility of sentences and some type of word.

3.2 Base of impulse response

The base of impulse responses is build from impulse response which is generated using Matlab function *rir_generator* [14]. Function is creation base on methods described in [15]. The process of simulation is generated impulse responses for the room with reverberation time $RT=\{0.5, 0.8, 1.0, 1.8, 3.6, 5.4\}$ sec. Impulse response are generated with $f_s=44.100\text{kHz}$ and 16 bps.

3.3. Test group for measuring intelligibility

The test group were formed from students of the Higher Technical School of Professional Studies in Nis, Serbia: a) 10 male and b) 10 female test subjects. The age of the respondents ranges from 20 to 32 years with mean 23 age. Examinees were acoustically isolated in room and listened speech signal using headphone. After reproduction sentences with appropriate reverberation time the examinee repeated what he/she heard. For each examinee were write down accuracy whole sentences as

well as individual types of word. After testing for the results of tests were performed statistical analysis.

3.4 Results

Percent intelligibility of sentence is shown in Table 2 and graphically in Fig. 2. The percent intelligibility of words shown in table 3 and graphic in Fig. 3. Table 4 shows the intelligibility of the type of word depending on the reverberation time, which is graphically shown in Fig. 4.

Table 3. Intelligibility of sentences

Reverberation Time (RT) [s]	0.5	0.8	1.0	1.8	3.6	5.4
Intelligibility of sentences [%]	97.89	96.84	96.84	82.1	51.58	0

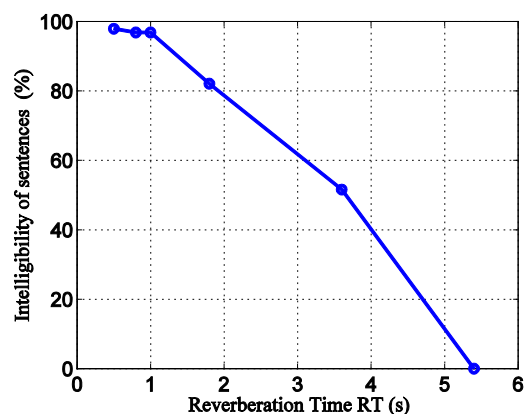


Fig. 2. Percentage intelligibility speech signal for whole sentences in the dependence of reverberation time

Table 4. Intelligibility of word

Reverberation Time (RT) [s]	0.5	0.8	1.0	1.8	3.6	5.4
Intelligibility of word [%]	99.37	99.37	99.37	94.95	86.31	36.42

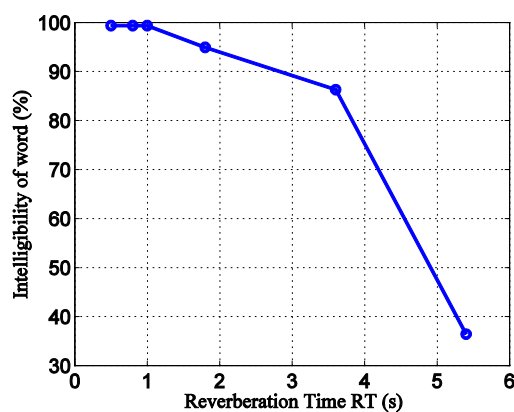


Fig. 3. Percentage intelligibility speech signal for word in the dependence of reverberation time

Table 5. Intelligibility type of word

(RT) [s]	Name	Verb	Number	Adjective	Object
0.5	98.95	98.95	100	98.95	100
0.8	98.95	98.95	100	100	100
1.0	100	98.95	98.95	100	98.95
1.8	100	100	88.42	95.79	90.53
3.6	98.95	86.31	88.42	83.16	75.79
5.4	96.84	46.32	30.53	2.10	6.32

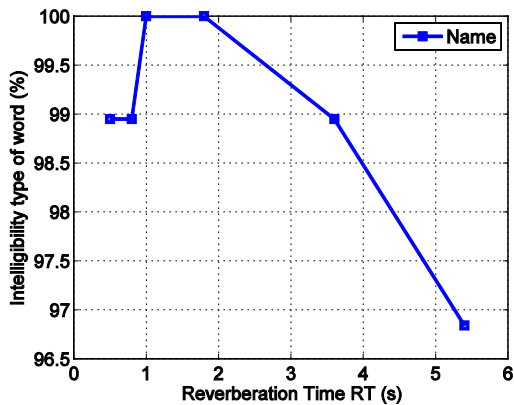


Fig. 4. Percentage intelligibility speech signal for Name in the dependence of reverberation time

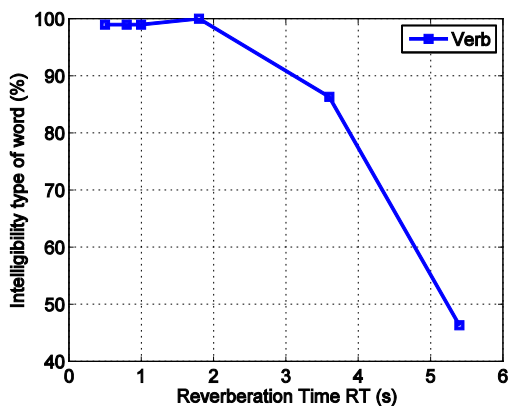


Fig. 5. Percentage intelligibility speech signal for Verb in the dependence of reverberation time

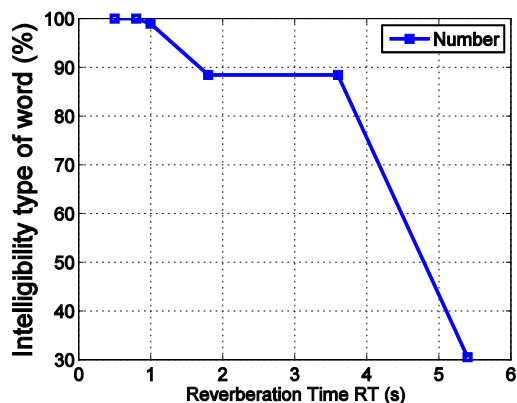


Fig. 6. Percentage intelligibility speech signal for Number in the dependence of reverberation time

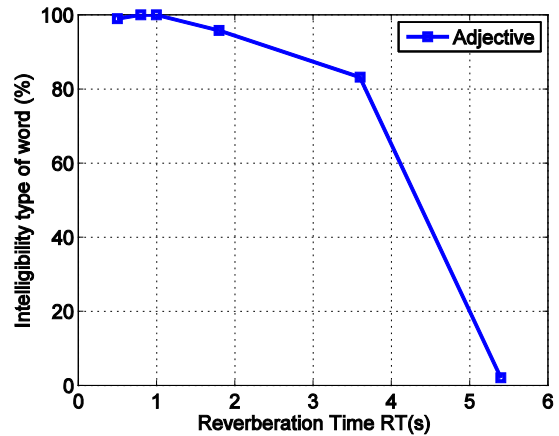


Fig. 7. Percentage intelligibility speech signal for Adjective in the dependence of reverberation time

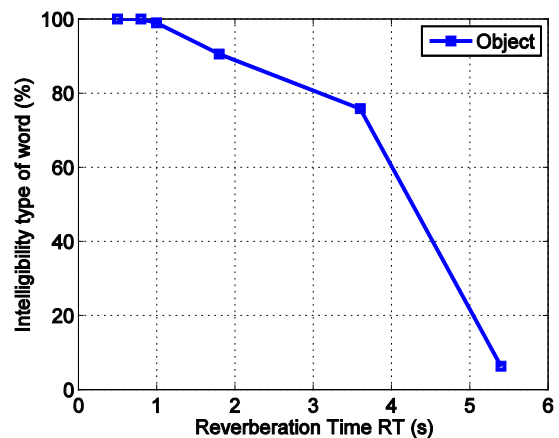


Fig. 8. Percentage intelligibility speech signal for Object in the dependence of reverberation time

3.5 Analysis of results

Based on the results shown in Table 3 and Fig. 2. it can be concluded that the Intelligibility of sentence:

- is the best for RT= 0.5s (97.89%), and
- it is the worst for RT=5.4s (0%).

Based on the results shown in Table 4 and Fig. 3 it can be concluded that the Intelligibility of word:

- is the best for RT=0.5s, RT=0.8s and RT=1.0s (99.37%), and
- it is the worst for RT=5.4s (36.42%).

Based on the results shown in Table 5 and Fig. 3÷7 it can be concluded that the Intelligibility type of word:

- 'Name' is the best for RT=1.0s and RT=1.8s (100%), and it is the worst for RT 5.4 (96.84%).

- b) 'Verb' is the best for RT=1.8s (100%), and it is the worst for RT 5.4 (46.32%),
- c) 'Number' is the best for RT=0.5s and RT=0.8s (100%), and it is the worst for RT=5.4s (30.53%),
- d) 'Adjective' is the best for RT=0.8s and RT=1.0s (100%), and it is the worst for RT=5.4s (2.10%),
- e) 'Object' is the best for RT=0.5s and RT=0.8s (100%), and it is worst worst for RT=5.4s (6.32%).

Compared this result with result from [17] was recommended range for reverberation times up to 0.4-0.5s because the speech intelligibility is 100% possible.

4. CONCLUSION

The paper is described base words for Serbian MST which is convenient for testing intelligibility of word and sentences in different ambient conditions. It is describe experiment which determined intelligibility in conditions variable reverberation time. Based on results it has been shown that the success of recognition sentences is excellent for RT=0.5 ÷ 1.0s (97.89÷96.84). Percentage success of recognizing the word (unrelated with type of word) is excellent for RT=0.5 ÷ 1.8s (99.37÷94.95). Percentage success of recognizing the type of word: Name (RT=0.5 ÷ 5.4s, 100÷96.84%), Verb (RT=0.5 ÷ 1.8s, 98.95÷100%), Number (RT=0.5 ÷ 1.0s, 100÷98.95%), Adjective (RT=0.5 ÷ 1.8s, 98.95÷100%, 95.79%), Object (RT=0.5 ÷ 1.8s, 100÷90.53%).

REFERENCE

- [1] Brachmanski S., *The Subjective Measurements of Speech Quality in Rooms*, Proc. of Subjective and Objective Assessment of Sound, Poznan, September 1-3, 2004.
- [2] Kruger K., Gough K., Hill P., *A Comparison of subjective speech intelligibility test in reverberant environments*, Canadian Acoustic 19 (4), 23-4, 1991.
- [3] Luts H., Boon E., Wable, J., Wouters J., *FIST: a French sentence test for speech intelligibility in noise*. International Journal of Audiology, 47:373-374, 2008.
- [4] Hagerman B., *Sentences for testing speech intelligibility in noise*, Scand Audio, Vol. 11, pp. 79-87, 1982.
- [5] Hewitt R., *Evaluation Of An English Speech-In-Noise Audiometry Test*. MSc thesis, University of Southampton, 2007.
- [6] Alison M., *Evaluation of the American English Matrix Test with cochlear implant recipients*, Independent Studies and Capstones, Paper 709, Program in Audiology and Communication Sciences, Washington University School of Medicine (2015), http://digitalcommons.wustl.edu/pacs_capstones/709.
- [7] Ozimek E., Warzybok A., Kutzner D., *Polish sentence matrix test for speech intelligibility measurement in noise*, Int. J. Audio. 49:444-454, 2010.
- [8] Hochmuth S., Brand T., Zokoll M., Zenker F., Wardenga N., Kollmeier B., *A Spanish matrix sentence test for assessing speech reception thresholds in noise*. Int. J. Audiol. 51(7) 536-544, 2012.
- [9] Jansen S., Luts H., Wagener K., Kollmeier B., Del Rio M., Dauman R., James C., Fraysse B., Vormès E., Frachet., B, Wouters J., *A Comparison of three types of French speech-in-noise tests: A multi-center study*. Int. J. Audiol. 51(3) 164-173, 2012,
- [10] Boboshko M., Warzybok A., Zokoll M., Maltseva N., *RUMatrix test: construction, evaluation and clinical validation*. Otorhinolaryngologia Hungarica. Vol. 59, N 2., 2013.
- [11] Zokoll M., Hochmuth S., Fidan D., Wagener KC., Ergenç, Kollmeier B., *Speech intelligibility tests for the Turkish language*. 15th annual meeting of the German Audiological Society, 2013.
- [12] Plomp R., Mimpen A., *Improving the realibility of testing the speech reception threshold for sentences*, Audiology Vol. 18, pp. 43-53, 1979.
- [13] Kocinski J., Niemiec D., *Time-compressed speech intelligibility in different reverberant*

- condition*, Applied Acoustics Vol. 113, pp. 58-63, 2016.
- [14] Hagerman B., *Sentences for testing speech intelligibility in noise*, Scand Audiol, Vol. 11, pp. 79-87, 1982.
- [15] Habets P., *Room Impulse Response Generator*, internal raport, Sept.2010, [Online] Available
<https://www.audiolabserlangen.de/fau/professor/habets/software/rir-generator>.
- [16] Allen B., Berkley A., *Image method for efficiently simulating small-room acoustics*, Journal Acoustic Society of America, 65(4), p 943, April 1979.
- [17] Bradley S., *Uniform Derivation of Optimum Conditions for Speech In Rooms*, National Research Council Canada, BRN 239, 1985.

ANALIZA PONAŠANJA PEŠAKA KAO UČESNIKA U SAOBRAĆAJU NA TERITORIJI OPŠTINE PIROT

ANALYSIS OF THE BEHAVIOUR OF PEDESTRIANS IN TRAFFIC OF THE MUNIPACITY OF PIROT

Aleksandar Canić¹, Milica Mladenović²

Rezime: Četiri faktora koji utiču na bezbednost saobraćaja su nam dobro poznati, to su čovek, vozilo, put i okolina. Međutim, ovi faktori nemaju podjednak uticaj, a svakako najveću odgovornost pripisujemo čoveku i njegovom ponašanju u saobraćaju. Dakle, svojim učešćem u saobraćaju, čovek predstavlja i najveći izazov za bezbednost. Učestvovati u saobraćaju znači: pešačiti, upravljati biciklom, upravljati motornim vozilom, jahati ili voditi stoku po saobraćajnicama otvorenim za javni saobraćaj i pritom poštovati pravila i norme ponašanja u saobraćaju. Nažalost, svedoci smo drugačije realnosti. Jedna od najugroženijih grupacija jesu pešaci, koji sa druge strane učestvuju u saobraćaju bez ikakve prethodne provere njihovih stavova i ponašanja u saobraćaju na teritoriji opštine Pirot. Neposrednim anketiranjem slučajnih prolaznika i snimanjem pešačkih tokova na ključnim raskrscima i putnim pravcima, dolazimo do značajnih podataka o njihovim stavovima, ponašanju i problemima sa kojima se susreću. U radu su prikazani rezultati istraživanja javnog mnjenja, kao i uočeni problemi koji se javljaju u interakciji pešaka sa ostalim učesnicima u saobraćaju.

Ključne reči: pešaci, javno mnjenje, bezbednost saobraćaja

Abstract: The four factors that affect traffic safety are well known, and they are: humans, vehicles, the road and the environment. However, these factors don't have equal influence, and certainly the biggest responsibility we can ascribe to man and his behaviour in traffic. So, with his participation in traffic, a man represents the biggest challenge for traffic safety. Taking part in traffic for man means: walking, riding a bike, drive a vehicle, riding or leading cattle over the public roads while respecting the rules. Unfortunately, we are witnessing a different reality. One of the most effected groups are the pedestrians, which, on the other hand, don't participate in traffic without checking their knowledge, skills and

¹ Canić Aleksandar, Student, Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš, Srbija, aca94cane@gmail.com¹

² Mladenović Milica, Student, Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš, Srbija, micajoka@gmail.com

abilities. The subject of this paper work is in fact an analysis of attitudes and behavior of the pedestrians in traffic of municipality of Pirot. Direct interviewing a random passersby and recording pedestrian flows at key intersections and roads we receive important information about their attitudes, behavior and the issues they face. This paper is showing the results of public opinion research, as well as observed problems so that occur in the interaction with the rest of the participants in the public traffic.

Keywords: pedestrians, public opinion, traffic safety

1. UVOD

Prema podacima prezentovanim u „Global status report on road safety 2015“, a koje publikuje „World Health Organization“, navodi se da su gotovo polovina poginulih na putevima u svetu upravo najugroženiji učesnici – motociklisti, biciklisti i pešaci. Što se tiče konkretno pešaka Srbija je na evropskom proseku po broju poginulih pešaka sa svojih 27% u odnosu na ukupan broj poginulih lica. Povrede nastale u saobraćajnim nezgodama predstavljaju veliki zdravstveni problem kako lokalnih zajednica tako i sveta, a pogotovo u slabo i srednje razvijenim zemljama (<http://www.who.int>, 04.01.2016). Prema studiji Centra za transport Univerziteta u Londonu u Northamptonu prosečno na 100 miliona km pešačenja (lica starijih od 5 godina) nastrada 411 pešaka ili na 100 miliona prelazaka preko puta (kolovoza) nastrada 66 pešaka (Inić, 1997:314).

„Statistički izveštaj o stanju bezbednosti saobraćaja u Republici Srbiji u 2014 godini“, koji je objavila „Agencija za bezbednost saobraćaja“, prikazuje zabrinjavajuće podatke o pešacima kao učesnicima u saobraćaju. Naime, od ukupnog broja saobraćajnih nezgoda, kao obaranje ili gaženje pešaka evidentirano je 2.743, u kojima je nastradalo 2.868 lica. Saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima, a koje su vezane za obaranje ili gaženje pešaka bilo je 121 i u njima je poginulo 124 lica (Kukić et. al, 2015:24). Međutim, saobraćajnih nezgoda okarakterisanih kao greške pešaka od strane policijskih službenika bilo 1.033 i u njima je nastradalo 844 lica. Kao posledica greške pešaka, saobraćajnih nezgoda sa poginulim licima bilo je 28 i u njima je izgubilo život 31 osoba (Kukić et. al, 2015:30). Rezultati nam ukazuju na potrebu većeg angažovanja celokupnog društva na čelu sa lokalnom zajednicom, policijom i stručnjacima iz saobraćajnog inženjerstva.

Velika razlika postoji u strukturi korisnika i stepenu rizika na putu i na površinama koje služe samo pešacima. Kod pešaka ne postoji nikakva selekcija (u pogledu godina starosti, zdravstvenog stanja, saobraćajnog obrazovanja) kao što je to slučaj sa ostalim neposrednim korisnicima puta. Svako lice bez obzira na uzrast, pripremu za saobraćaj ili zdravstveno stanje može da se uključi u saobraćaj u svojstvu pešaka. Za njih ne postoji nikakva obavezna i organizovana priprema za učešće u saobraćaju, što nije specifičnost samo pešaka u Pirotu, već se provera njihove osposobljenosti ne vrši nigde u svetu. Ponašanje na putu spada u visokonormirane oblasti, dok na površinama za kretanje pešaka to nije slučaj. Za stradanje pešaka je značajna činjenica što su oni najslabije zaštićena kategorija učesnika u saobraćaju. U slučaju nezgode vozilo ostvaruje kontakt direktno sa telom pešaka. Telo pešaka nije samo u nepovoljnoj situaciji zato što direktno ostvaruje kontakt sa čvrstim materijalom od koga je vozilo napravljeno, nego i zbog veće kinetičke energije koje stvara brzina i masa vozila.

Po strukturi učesnika u saobraćaju za Pirot možemo reći da je to grad pre svega pešaka i biciklista, pa tek onda vozača motornih vozila. Ovakva struktura je posledica opšteg

socijalnog položaja njegovih stanovnika, ali i male površine centralnog dela grada na kojoj su prisutni gotovo svi sadržaji neophodni građanima. Zbog ovakve situacije pešačenje ima velike prednosti u odnosu na druga sredstva putovanja, a sa druge strane nedostaje i određen broj mesta za parkiranje. Posledica ovoga je povećan broj kritičnih situacija između pešačkih tokova i motornih vozila pa i železničkih vozila.

Dobar deo kritičnih situacija su posledice ponašanja pešaka, koje zavise od samih stavova pešaka, njihovih potreba, znanja i veština. Zato je neophodno utvrditi precizne podatke o javnom mnjenju, ali i uočiti najčešće greške ovih učesnika u saobraćaju. Sa ovakvom slikom postojećeg stanja saobraćajni inženjeri bi obezbedili veću bezbednost pešaka usvajanjem prikladnih mera prevencije.

2. METODE ISTRAŽIVANJA

2.1. Sprovođenje istraživanja

Pre početka istraživanja na teritoriji grada Pirota učenici Tehničke škole iz Pirota su se upoznali sa metodologijom i načinom sprovođenja snimanja pešačkih tokova i anketiranja pešaka. Istraživanje je sprovedeno krajem decembra 2015. godine uz obaveštavanje svih relevantnih organa o prirodni istraživanja. Petnaest grupa sa po dva člana po grupi vršilo je anketiranje pešaka na prometnim mestima u gradu. Istovremeno, formirane su još tri grupe učenika sa po tri člana na karakterističnim prelazima sa velikom frekvencijom pešačkog saobraćaja i to:

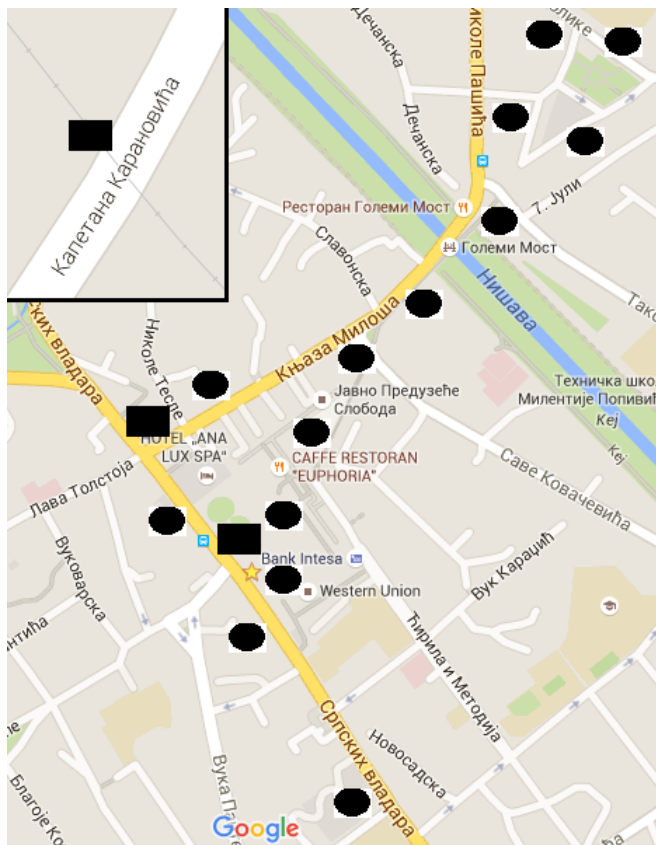
- u ul. Srpskih vladara na pešačkom prelazu kod pošte;
- na semaforizovanoj raskrsnici ul. Srpskih vladara i ul. Knjaza Miloša;
- na prelazu puta preko železničke pruge u ul. Kapetana Karanovića.

2.2. Ciljna grupa istraživanja

Kako je na početku rečeno, ciljna grupa istraživanja ovog rada jesu pešaci. Konkretno, istraživanje je obuhvatalo slučajne prolaznike oba pola i svih uzrasta (među anketiranim učesnicima ima: od onih koji su mlađi od 20 godina, do onih koji su stariji od 60 godina). Cilj rada jeste utvrđivanje ponašanja pešaka tokom svog kretanja, a posebno prilikom prelaska kolovoza u određenim kritičnim situacijama.

2.3. Metode prikupljanja podataka

Prilikom prikupljanja podataka relevantnih za temu ovog istraživanja korišćene su dve naučne metode: snimanje pešačkih tokova i anketiranje pešaka. Snimanje tokova obavljeno je brojanjem nepravilnih postupaka pešaka u određenim situacijama sadržanim i objašnjenim u anketi. Oba dela istraživanja obavljena su istovremeno u vremenskom intervalu od tri sata tj. od 09:00 – 12:00. Koncept ankete bio je isti za svaku od grupa. Anketirano je gotovo 400 pešaka.



Slika 1. Raspored punktova po gradu

Na slici 1 prikazan je raspored brojačkih i anketnih punktova u gradu. Crnim pravougaonicima prikazan je raspored brojačkih punktova, dok je raspored anketnih punktova prikazan crnim elipsama.

Grupu pitanja u anketi sačinjavala su sledeća pitanja:

- 1) Pol?
- 2) Godine starosti?
- 3) Da li ste nekad prelazili ulicu van pešačkog prelaza?
- 4) Da li ste nekad, kao pešak, prelazili pružni prelaz na kome je zabranjen prolaz, ali je voz još uvek bio daleko?
- 5) Da li ste prešli kolovoz na pešačkom prelazu sa semaforom, ako je na semaforu bilo crveno svetlo?
- 6) Da li biste ustupili prvenstvo prolaza autobusu na pešačkom prelazu?

3. REZULTATI

Nakon prikupljanja rezultata anketa i rezultata snimanja pešačkih tokova koji su generisani u excel tabelu, moguće je dobijanje procentualnih podataka o svakom pojedinačnom pitanju iz ankete. U tabeli 1 su prikazani ti podaci:

Tabela 1. Sistematizovan prikaz rezultata sprovedene ankete nad pešacima

Pol?	Muški	53,6%
	Ženski	49,4%
Godine starosti?	manje od 20	20,5%
	21-30	22,5%
	31-40	15,0%
	41-50	17,8%
	51-60	12,5%
	preko 60	11,7%
	Da li ste nekad prelazili ulicu van pešačkog prelaza?	Da
Ne		19,7%
Da li ste nekad, kao pešak, prelazili pružni prelaz na kome je zabranjen prolaz, ali je voz još uvek bio daleko?	Da	45,6%
	Ne	54,4%
Da li ste prešli kolovoz na pešačkom prelazu sa semaforom, ako je na semaforu bilo crveno svetlo?	Da	34,4%
	Ne	43,1%
	Da, ako u okolini nema drugih vozila	22,5%
Da li biste ustupili prvenstvo prolaza autobusu na pešačkom prelazu?	Da	64,2%
	Ne	35,8%

Međutim, da bismo došli do nekih konkretnih zaključaka vezanih za problematiku kojom se ovde bavimo, potrebno je izvršiti uporednu analizu dobijenih odgovora na pojedina pitanja kako po polu ispitanika, tako i njihovoj starosti. Shodno tome podatke dobijene iz prva dva pitanja iz ankete ćemo koristiti u službi uporedne analize, dok ćemo samu analizu izvršiti za ostala četiri pitanja.

4. DISKUSIJA

Tumačenjem procentualnih podataka iz tabele 2 moguće je izvođenje određenih zaključaka. Zbog toga ćemo u nastavku prikazati karakteristične tendencije u ponašanju pešaka i ukazati na njihove propuste tokom njihovog kretanja.

Zabrinjavajući podatak je taj što je 80% ispitanika oba pola spremno preći ulicu van pešačkog prelaza. Gledano po starosnom dobu ovakvo ponašanje ne predstavlja problem za 93% učesnika u saobraćaju mlađih od 20 godina, dok je kod starijih od 60 godina na to spremna polovina ispitanika. Ovi podaci govore o neodgovornosti i nebrizi za svoju ličnu i opštu bezbednost, ali i pokazuju jedan pogrešan stav kod pešaka.

Tabela 2. Uporedni prikaz rezultata sprovedene ankete nad pešacima

	Da li ste nekad prelazili ulicu van pešačkog prelaza?		Da li ste nekad, kao pesak, prelazili pružni prelaz na kome je zabranjen prolaz, ali je voz još uvek bio daleko?		Da li ste prešli kolovoz na pešačkom prelazu sa semaforom, ako je na semaforu bilo crveno svetlo?			Da li biste ustupili prvenstvo prolaza autobusu na pešačkom prelazu?	
	Da	Ne	Da	Ne	Da	Ne	Da, ako u okolini nema drugih vozila	Da	Ne
muškarci	80%	20%	55%	45%	38%	38%	24%	64%	36%
žene	80%	20%	35%	65%	31%	49%	20%	64%	35%
≤ 20	93%	7%	59%	41%	59%	23%	18%	53%	47%
21 – 40	81%	19%	48%	52%	36%	34%	30%	59%	41%
41 – 60	82%	18%	39%	61%	22%	58%	20%	75%	25%
61 ≤	52%	48%	31%	69%	19%	69%	12%	71%	29%

Kod pitanja „Da li ste nekad, kao pešak, prelazili pružni prelaz na kome je zabranjen prolaz, ali je voz još uvek bio daleko“, prikazana je jedna kritična situacija ukrštanja pešačkog i železničkog saobraćaja. Iz podataka zaključujemo da su žene pešaci dosta opreznije od muškaraca kada se nađu u jednoj takvoj situaciji, jer po podacima dobijenih na osnovu ankete dve trećine žena izbegava ovakve situacije. Razlog ovakvog ponašanja ženskog pola možemo objasniti time da je sada rizik kome se izlaže pojedinac dosta veći u odnosu na prethodni primer, gde je ova razlika izostala, a na to treba dodati i efekat opreme prelaza koji dodatno podiže svest pešaka (spušteni polu-branici, zvučni i svetlosni signali).

Spremnost na izlaganje ovom riziku opada sa starošću, pokazuje ovo istraživanje, odnosno primećen je trend procentualnog opadanja opasnog ponašanja sa povećanjem starosti ispitanika (vidi tabelu 2). Ovo je i očekivano s obzirom na to da je za izvođenje ove radnje

neophodan određen stepen psihofizičke spremnosti kao i sklonost ka rizičnom ponašanju (osobina mlađe populacije).

Pitanje „Da li ste prešli kolovoz na pešačkom prelazu sa semaforom, ako je na semaforu bilo crveno svetlo“, smo uvrstili u anketu iz razloga što smo želeli da utvrdimo kako se pešaci ponašaju na raskrsnicama regulisanim svetlosnim saobraćajnim znacima koje pružaju zavidan nivo sigurnosti ovim korisnicima. Došli smo do poražavajućih podataka. Mlađima od 20 godina crveno svetlo za pešake ne predstavlja razlog da se zaustave ispred pešačkog prelaza u čak 77% slučajeva, a da situacija bude gora 59% njih bi prešlo kolovoz uprkos okolnim vozilima koji imaju apsolutnu prednost. Problematično ponašanje imamo i u kategoriji od 21 do 40 godine gde bi pešački prelaz uprkos vozilima prešla gotovo trećina, a toliko njih bi prešlo i kada nema vozila. Na identične stavove smo došli kako u kategoriji muškaraca, tako i u kategoriji žena. Tek starija lica uvažavaju značenje signala na semaforima. Dakle, pešaci su najugroženiji upravo na semaforizovanim raskrsnicama, ali za ovaj po svemu sudeći nepotrební rizik glavni krivci jesu upravo pešaci.

U pokušaju da ovim istraživanjem saznamo u kom stepenu su pešaci tolerantni prema ostalim učesnicima, i to konkretno prema vozilima velikog kapaciteta putnika zaključujemo da su pešaci po ovom pitanju ipak spremni na kompromis. Naime, dve trećine ispitanika bi ustupilo prednost, dok je raspodela po godinama starosti takva da bi prednost dali autobusu više od polovine mlađih od dvadeset godina, dok bi čak 70% anketiranih lica starijih od 60 godina sačekalo da prođe autobus.

Problemi u ponašanju pešaka na koje smo naišli tokom analize ankete jesu zabrinjavajući. Pogrešnih postupaka ima u svakoj od izabranih kategorija učesnika u saobraćaju, međutim kategorija koja se posebno istakla kao najmanje bezbedna jeste upravo populacija mlađa od 20 godina.

Ovi učesnici su nedvosmisleno glavni nosioci rizika u saobraćaju na teritoriji grada Pirota. Svojim ishitrenim, nesmotrenim i nepromišljenim ponašanjem kao i pogrešnim, pa i štetnim stavovima dovode u opasnost pre svega sebe kao najranjivije učesnike, a posledice mogu osetiti i ostali učesnici u saobraćaju.

5. ZAKLJUČAK

Kao što smo i najavili u uvodu ovog rada, pokušaj ovog istraživanja jeste bio otkrivanje pogrešnih stavova i ponašanja kod pešaka. Istraživanje i analiza podataka nam je to i omogućila, odnosno ovim istraživanjem smo definisali i rasvetlili probleme sa pešacima u Pirotu.

Ova analiza može poslužiti kao podloga za odabir odgovarajućih mera kako bi se preventivno uticalo na bezbednost i pešaka i ostalih učesnika u saobraćaju. Sa druge strane, potrebno je promovisati dodatne analize slične ovoj i kod drugih kategorija učesnika u saobraćaju kako bi se došlo do celovitije slike stanja bezbednosti saobraćaja u Pirotu.

Najveći problem u ponašanju peška jeste izlaganje nepotrebnom riziku, gde pešaci, a po gotovu oni mlađi od 20 godina prelaze kolovoz po svom nahođenju, bez obzira koji je signal na semaforu i da li koriste pešački prelaz ili ne. Razlozi ovakvom ponašanju mogu biti raznovrsni: bahatost, nezrelost, neopreznost, nepromišljenost, nepravilan stav o svom ponašanju, nedovoljne saobraćajne upućenosti o svojim pravima, ali i obavezama i tako dalje.

Kao rešenje ovog problema i unapređenje stanja bezbednosti saobraćaja nameće se edukacija i promena stavova pešaka. Odlučujuću ulogu u ovome ima naravno školstvo koje bi sa prilagođenim programima bilo u stanju da budućim generacijama usadi drugačiji pristup saobraćaju. Međutim, postavlja se pitanje kako da promenimo ponašanje onih koji konkretno sada predstavljaju rizik po bezbednost. Odgovor je u javnom mnjenju, jedino pomoću masovnih medija (štampa, radio, televizija, internet itd.) koji bi stalno kroz svoje sadržaje plasirali i priču o bezbednom učestvovanju, ne samo pešaka već i drugih učesnika u saobraćaju.

6. PRIZNANJA

Autori se zahvaljuju Tehničkoj školi iz Pirota, odeljenju četvrtе godine smerа drumski saobraćaj, a posebno njihovom profesoru dipl. inž. saob. Milutinu Saviću, bez čije pomoći istraživanje ne bi bilo realizovano.

Takođe, autori se zahvaljuju i asistentu Visoke tehničke škole strukovnih studija iz Niša dipl. inž. saob. Milanu Stankoviću na korisnim i konstruktivnim kritikama i sugestijama koje su učinile ovaj rad boljim.

7. LITERATURA

- [1] Inić M. (1997). Bezbednost drumskog saobraćaja, FTN Novi Sad
- [2] Toroyan T. (2015). Global Status Report on Road Safety, World health organization
- [3] Kukić D. et. al, (2015). Statistički izveštaj o stanju bezbednosti saobraćaja u Republici Srbiji u 2014. godini, Agencija za bezbednost saobraćaja Beograd