



ISSN 1310-8271

# JOURNAL

**OF THE TECHNICAL UNIVERSITY - SOFIA  
PLOVDIV BRANCH, BULGARIA  
FUNDAMENTAL SCIENCES  
AND  
APPLICATIONS  
Volume 21, Book 2, 2015**

# СПИСАНИЕ

**НА ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ - СОФИЯ  
ФИЛИАЛ ПЛОВДИВ, БЪЛГАРИЯ  
ФУНДАМЕНТАЛНИ НАУКИ  
И  
ПРИЛОЖЕНИЯ  
том 21, книга 2, 2015**



© Journal of the Technical University - Sofia  
Plovdiv branch, Bulgaria  
"Fundamental Sciences and Applications", Vol. 21, 2015  
International Conference on Engineering, Technologies and Systems  
TECHSYS 2015, BULGARIA

#### EDITORIAL BOARD

##### EDITOR-in-chief

Prof. Marin Nenchev, DSc Eng., DSc Phys.

#### РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

##### ГЛАВЕН РЕДАКТОР

проф. д.т.н., д.ф.н. Марин Ненчев

#### EDITORS

1. Prof. Sonia Tabakova, PhD
2. Prof. Michail Petrov, PhD
3. Prof. Angel Vachev, PhD
4. Prof. Andon Topalov, PhD
5. Prof. Dimitar Katsov, PhD
6. Prof. Grisha Spasov, PhD
7. Prof. Angel Zumbilev, PhD

#### ЧЛЕНОВЕ

1. проф. д-р Соня Табакова
2. проф. д-р Михаил Петров
3. проф. д-р Ангел Вачев
4. проф. д-р Андон Топалов
5. проф. д-р Димитър Кацов
6. проф. д-р Гриша Спасов
7. проф. д-р Ангел Зюмбилев

#### EDITORIAL BOARD

1. Prof. Angel Vachev, PhD
2. Prof. Venelin Zhivkov, DSc
3. Prof. Georgi Andreev, DSc
4. Prof. Georgi Totkov, DSc
5. Prof. Emil Nikolov, DSc
6. Prof. Ivan Iachev, DSc
7. Prof. Marin Hristov, PhD
8. Prof. Ognian Nakov, PhD
9. Acad. Nikola Sabotinov DSc
10. Prof. Marc Himbert DSc
11. Prof. Yasser Alayli DSc
12. Prof. Tinko Eftimov DSc
13. Acad. Yuriy Kuznietsov DSc

#### РЕДАКЦИОНЕН БОРД

1. проф. д-р Ангел Вачев
2. чл. кор. проф. д.т.н. Венелин Живков
3. проф. д.х.н. Георги Андреев
4. проф. д.м.н. Георги Тотков
5. проф. д.т.н. Емил Николов
6. проф. д.т.н. Иван Ячев
7. проф. д-р Марин Христов
8. проф. д-р Огнян Наков
9. акад. д.ф.н. Никола Съботинов
10. проф. д.ф.н. Марк Амбер
11. проф. д.т.н. Ясер Алайли
12. проф. д.ф.н. Тинко Ефтимов
13. акад. д.т.н. Юрий Кузнецов



## CONTENTS

<b>1. Lukáš Voleský, Totka Bakalova, Marcela Kolínová, Michal Kolenič</b> .....	<b>9</b>
NON-DESTRUCTIVE METHODS FOR OBSERVATION AND EVALUATION OF PROPERTIES OF NATURAL STRUCTURES	
<b>2. Totka Bakalova , Karolína Boruvková, Petr Louda, Milka Atanasova</b> .....	<b>15</b>
TYPE LIQUID LUBRICANTS AS AN ACTIVE FULL-FLEDGED ELEMENT OF THE TRIBOLOGICAL SYSTEM	
<b>3. Lyubomir Lazov, Hristina Deneva</b> .....	<b>21</b>
NUMERICAL CALCULATIONS TO STUDY THE INFLUENCE OF THE IMPACT TIME ON THE LASER CUTTING PROCESS OF SHEET STEEL	
<b>4. Violeta Slavova, Nikolay Ivanov, Dimitar Dechev, Petar Petrov</b> .....	<b>27</b>
VACUUM METALIZATION OF ULTRAFILTRATION POLYMERIC MEMBRANES – RESEARCH AND APPLICATION	
<b>5. Vania Vassileva, Katia Vutova, Maria Naplatanova</b> .....	<b>31</b>
PURE TUNGSTEN OBTAINING BY ELECTRON BEAM REFINING OF TUNGSTEN SCRAP	
<b>6. Viktor Kopanov, Lilyana Kolaklieva</b> .....	<b>37</b>
THICKNESS MEASUREMENT OF NANOCOMPOSITE GRADIENT AND MULTILAYER SUPERHARD COATINGS USING CALOTEST	
<b>7. Elena Koleva, Liliyana Koleva</b> .....	<b>42</b>
PARAMETER OPTIMIZATION OF ELECTRON BEAM MELTING AND REFINING OF TITANIUM	
<b>8. Teofil Iamboliev, Zlatka Evdokimova</b> .....	<b>47</b>
EFFECT OF PULSE FREQUENCY ON THE MICROSTRUCTURE OF TIG WELDS OF DUPLEX STAINLESS STEEL 1.4462	
<b>9. Svetlana Koleva, Milko Enchev</b> .....	<b>53</b>
INCREASING THE EFFICIENCY OF TURNING OPERATIONS THROUGH THE APPLICATION OF TRIAL CUTS WITH MEASUREMENT THE DIMENSION USING THE CUTTING TOOL	
<b>10. Emil Velev</b> .....	<b>57</b>
RESEARCH THE AMENDMENT OF PRESSURE OF HYDRAULIC GEROTOR MOTOR, USING COMPUTER SIMULATION	
<b>11. Miroslav Aleksiev</b> .....	<b>61</b>
GRAPHIC-ANALYTICAL METHOD OF A DETERMINING CUTTING ANGLES FOR TURNING TOOLS	

<b>12. Angel Poparov</b> .....	<b>65</b>
TOOL ANGLES OF TURNING TOOLS WITH INCLINING LINEAR SMOOTH CUTTING EDGE	
<b>13. Stanislav Aleksiev, Stoycho Stoev</b> .....	<b>71</b>
PERFORMANCE TESTING OF CONSTRUCTION OF OVERRUNNING RADIAL BEARING SUPPORTS	
<b>14. Stoycho Stoev, Stanislav Aleksiev</b> .....	<b>75</b>
PLANNING AND CREATION OF A TESTING STAND FOR ONE-WAY CLUTCHES	
<b>15. Angel Lengerov, Petar Daskalov, Geno Galchev</b> .....	<b>79</b>
ANALYTICAL DETERMINATION OF THE RATE OF STRENGTHENING OF THE SURFACE LAYER WITH SURFACE PLASTIC DEFORMATION OF PLANAR SURFACES	
<b>16. Stefan Garabitov, Valeri Ivanov</b> .....	<b>83</b>
DINAMIC ANALYSIS OF THE PAIRED HOOKE JOINT	
<b>17. Valeri Ivanov</b> .....	<b>87</b>
INFLUENCE OF THE SUMMARY FRICTION COEFFICIENT IN SELF CONTROLLED PAIRED HOOKE JOINT	
<b>18. Radostin Dolchinkov, Mariana Koleva</b> .....	<b>91</b>
KINEMATIC AND COMPUTER MODELING FRICTION PLANETARY GEAR	
<b>19. Svetlozar Parmakov, Nikolai Anguelov</b> .....	<b>97</b>
OPTIMIZATION INVESTIGATIONS OF COMPRESSIVE STRENGTH ON PORCELAIN SAMPLES	
<b>20. Zhivko Iliev, Georgi Dinev</b> .....	<b>99</b>
ABOUT AN EDUCATION OF ENGINEERING SPECIALISTS FOR A COMPUTER DESIGN OF THE TECHNICAL PRODUCTS IN MINING PRODUCTION	
<b>21. Snezhina Andonova, Elena Blagova</b> .....	<b>103</b>
APPLICATION OF MATHEMATICAL METHODS IN THE STUDY OF THE TECHNOLOGICAL PARAMETERS IN THE SEWING INDUSTRY	
<b>22. Valeri Bakardzhiev</b> .....	<b>109</b>
A CLASSIFICATION OF TORQUE INERTIAL CONVERTERS	
<b>23. Petko Dobrev, Dimitar Petrov, Petar Shindov</b> .....	<b>115</b>
EXPERIMENTAL RESULTS OF AN INVESTIGATION ABOUT WEAR DURABILITY OF POLYMER (PEEK) GEAR WHEELS	
<b>24. Angel Chekichev</b> .....	<b>121</b>
ALGORITHM FOR DETERMINATION THE SYMMETRY OF GRAPHICAL FORMS	
<b>25. Konstantin Metodiev</b> .....	<b>125</b>
A NEW AILERON DESIGNED FOR HAWK-2M UNMANNED AERIAL VEHICLE	
<b>26. Gennady Maklakov, Petar Getsov</b> .....	<b>131</b>
CRITERIA FOR EVALUATION OF PROFESSIONAL SUITABILITY OF THE OPERATOR ERGATIC SYSTEMS	



<b>27. Hristian Panayotov</b> .....	<b>135</b>
METHODOLOGY FOR RAPID SIZING OF UNMANNED AERIAL VEHICLES	
<b>28. Stanislav Dimitrov, Yordanka Boneva, Todor Stoilov, Krasimira Stoilova</b> .....	<b>139</b>
IDENTIFICATION OF INEXPLICIT RELATIONS BETWEEN SPARE PARTS OF VEHICLES	
<b>29. Yordan Hadzhiev</b> .....	<b>145</b>
SIMULATION MODEL OF THE FLIGHT DYNAMICS OF JOINED WING AIRCRAFT	
<b>30. Plamen Roglev</b> .....	<b>151</b>
SCREENING OF THE BOX WING/JOINED WING DESIGN PARAMETERS AT LOW REYNOLDS NUMBERS	
<b>31. Angel Danailov</b> .....	<b>157</b>
AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF SMALL UAV – TWOBEAM WITH U-TAIL HORIZONTAL AND VERTICAL SURFACES	
<b>32. Dancho Kolibarov</b> .....	<b>163</b>
MODEL FOR OPTIMIZING THE ADMINISTRATIVE PROCEDURES IN THE UNIFIED CIVIL AND MILITARY AIRSPACE MANAGEMENT (ASM)	
<b>33. Dimo Zafirov</b> .....	<b>169</b>
PROFILE OF THE MISSION OF VERTICAL TAKEOFF AND LANDING ELECTRIC PLANE	
<b>34. Dimo Zafirov</b> .....	<b>175</b>
SELECTION OF A WING PROFILE FOR VERTICAL TAKEOFF AND LANDING ELECTRIC PLANE	
<b>35. Angelina Chozhgova</b> .....	<b>179</b>
DETERMINATION OF BENDING VIBRATIONS OF THE TAIL ROTOR SHAFTING OF A SINGLE-ROTOR HELICOPTER	
<b>36. Angelina Chozhgova, Nikolay Zagorski</b> .....	<b>183</b>
DETERMINATION OF TORSIONAL VIBRATION OF HELICOPTER TRANSMISSION	
<b>37. Dancho Kolibarov, Dobrin Seyzinski</b> .....	<b>187</b>
UNIFIED SYSTEM FOR CIVIL AND MILITARY AIRSPACE MANAGEMENT (ASM) OF THE REPUBLIC OF BULGARIA	
<b>38. Raluca A. Boțu, Alexandru Șerban, Gabriela S. Bălan, Mugur C. Bălan</b> .....	<b>193</b>
NUMERIC MODELLING PRINCIPLES FOR CALCULATION OF THE AMMONIA-WATER ABSORPTION REFRIGERATION SYSTEM	
<b>39. Bogdan A. Porumb, Florin Bode, Gabriela S. Bălan, Mugur C. Bălan</b> .....	<b>197</b>
COMPARATIVE ANALYSIS OF THREE RESEARCH METHODS IN THE STUDY OF INDIRECT EVAPORATIVE COOLING PROCESS	
<b>40. Bernadette E. Teleky, Mugur C. Bălan</b> .....	<b>201</b>
ACTUAL KNOWLEDGE ABOUT BIOHYDROGEN PRODUCTION BY ANAEROBIC DIGESTION OF LIGNOCELLULOSE BIOMASS	

<b>41. Svetlin Stoyanov</b> .....	<b>205</b>
AN APPLICATION OF DUFFING OSCILLATOR FOR STUDDING THE FREE VIBRATIONS OF A PENDULUM	
<b>42. Dechko Rushev, Raycho Raychev, Chavdar Pashinski</b> .....	<b>209</b>
ACCELERATION SENSITIVE MONOTUBE DAMPER MODELING IN LAB AMESIM	
<b>43. Chavdar Pashinski, Dechko Rushev, Raycho Raychev</b> .....	<b>213</b>
COMPUTER PROGRAM FOR FACILITATION OF UNIVERSAL INDEXING HEAD USAGE	
<b>44. Vladimir Angelov, Rossitza Sardjeva</b> .....	<b>219</b>
APPLICATION OF HSWO PRINTING AS WATERLESS PROCESS (OVERVIEW)	
<b>45. Silvina Ilieva, Kristin Onzarian</b> .....	<b>227</b>
DEVELOPMENT OF A GRAPHICAL IDENTITY FOR THE POLIGRAPHY BACHELOR PROGRAM IN UNISON WITH THE LOGO OF TU SOFIA	
<b>46. Iliycho Iliev</b> .....	<b>233</b>
NEW TEMPERATURE MODEL FOR HE-SRBR <sub>2</sub> LASER	
<b>47. Neli Keranova</b> .....	<b>239</b>
MINIMAL CENTRAL IDEMPOTENTS OF GROUP ALGEBRAS OF FINITE P-GROUPS WITH A MINIMAL COMMUTATOR SUBGROUP	
<b>48. Angelina Popova, Mihai Christov, Alexei Vasilev, Christian Girginov, Antonina Djambova</b> ..	<b>243</b>
INFLUENCE OF THE TEMPERATURE ON THE INHIBITION PROCESS IN PRESENCE OF QUATERNARY AMMONIUM DIBROMIDES AS ACID CORROSION INHIBITORS	
<b>49. Georgi Paskalev</b> .....	<b>247</b>
NONLOCAL BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR A CLASS OF FOURTH-ORDER PDE OF HYPERBOLIC-PARABOLIC TYPE	
<b>50. Georgi Paskalev</b> .....	<b>253</b>
SMOOTHNESS OF THE GENERALIZED SOLUTION OF A NONLOCAL BVP FOR A CLASS OF FOURTH-ORDER HYPERBOLIC-PARABOLIC EQUATIONS	
<b>51. Antonia Lazarova</b> .....	<b>259</b>
MANAGEMENT CULTURE IN MOLDOVA: COMPARATIVE ANALYSIS OF FACTORS THAT CHARACTERIZE AND MANAGEMENT CULTURE WOODWORKING SECTOR IN BULGARIA IN THE PERIOD 2012-2014	
<b>52. Neli Nikolova</b> .....	<b>265</b>
THE TIME – A KEY RESOURCE FOR THE EFFECTIVE MANAGER	
<b>53. Atanas Totlyakov</b> .....	<b>271</b>
EUROPEAN FUNDS - IN SUPPORT OF WINE-GROWERS AND WINEMAKERS IN BULGARIA	
<b>54. Katina Valeva</b> .....	<b>275</b>
STRATEGIC ASPECTS OF INNOVATIONS IN MANAGEMENT OF ENTERPRISES	
<b>55. Stefan Raychev</b> .....	<b>279</b>
TRENDS IN LABOR MARKET PRODUCTIVITY AND WAGE DISPARITIES	

<b>56. Dobrinka Stoyanova</b> .....	<b>283</b>
LABOUR INTEGRATION OF YOUNG PEOPLE IN BULGARIA AND EU	
<b>57. Ivanka Bankova</b> .....	<b>287</b>
PROBLEMS AND CONFLICTS BY THE MANAGEMENT OF SMALL CELLARS IN BULGARIA (ON THE EXAMPLE OF CHATEAU BURGOZONE)	
<b>58. Svetlana Borisova</b> .....	<b>293</b>
MANAGEMENT OF THE TURNOVER OF PERSONNEL IN ORGANISATION	
<b>59. Kiril Aladjov, Svetlana Borisova</b> .....	<b>299</b>
THE ROLE OF A MANAGER FOR SUCCESSFUL SPORTS ACTIVITIES	
<b>60. Toni Mihova</b> .....	<b>303</b>
EMPLOYER RATING EVALUATION SYSTEM	
<b>61. Toni Mihova</b> .....	<b>307</b>
THE PLACE OF BULGARIA IN THE REINDUSTRIALIZATION OF EUROPE	
<b>62. Tanya Gigova</b> .....	<b>311</b>
DYNAMICS OF THE TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT	
<b>63. Hristina Daylyanova</b> .....	<b>315</b>
NON-ETHICAL ADVERTISEMENTS	
<b>64. Desislava Shatarova</b> .....	<b>321</b>
ASSESSMENT OF BULGARIA IN INDEX “DOING BUSINESS” IN 2015	
<b>65. Bojcho Bochev, Maya Bocheva</b> .....	<b>325</b>
TRENDS IN THE INTEGRATION BETWEEN MARKETING AND LOGISTICS	
<b>66. Asen Stoyanov</b> .....	<b>331</b>
COMPREHENSIVE STUDY OF KINEMATIC PARAMETERS CURVED MOVING POINT	
<b>67. Ilir Doçi, Shaban Buza, Agron Pajaziti, Valon Cakolli</b> .....	<b>337</b>
STUDYING DYNAMIC EFFECTS OF TELPHER MOTION IN CONSOLE CRANES USING SIMULATIONS	





## NON-DESTRUCTIVE METHODS FOR OBSERVATION AND EVALUATION OF PROPERTIES OF NATURAL STRUCTURES

LUKÁŠ VOLESKÝ, TOTKA BAKALOVA, MARCELA KOLÍNOVÁ, MICHAL KOLENIČ

**Abstract:** *Most of life processes is taking place in nano-scale, therefore nature becomes extremely rich source of inspiration for science. The ability to look into the beauty and functionality of natural structures, manipulate with "nano" objects and investigate their properties is no longer just a mere utopia. The experimental technique allows to introduce the "nanoworld" that surrounds us. It adds significant potential to improve the quality of life and to protect the environment and, at the same time, to increase of the competitiveness of the industry. The paper introduces the possibility of computer tomography (CT) in the study of the microstructure of biological materials and - compared with light optical and electron microscopy - in the observation and evaluation of natural structures.*

**Key words:** *Computer tomography, Light optical microscopy, Scanning electron microscope, Rapid Prototyping*

### 1. Equisetum (Horsetail)

Horsetails of current type are herb growth see Fig. 1. Fossil types of these plants were more treelike. Especially *equisetum arvense* (field horsetail) is most common weed herb for farmers.



*Fig. 1. Horsetail [3]*

This is due to the fact that the stem of *equisetum arvense* and *equisetum sylvaticum* (wood

horsetail) occur a large amount of silicic acid. Silicon is accumulated in the body of most animals and can not be excluded in natural way. Unlike from *equisetum palustre* (marsh horsetail), *equisetum sylvaticum* and *equisetum fluviatile* (river horsetail), which are poisonous. They contain an alkaloid palustrine, thiaminase (this enzyme decomposing vitamin B1) and aconitic acid. [1, 2, 3]

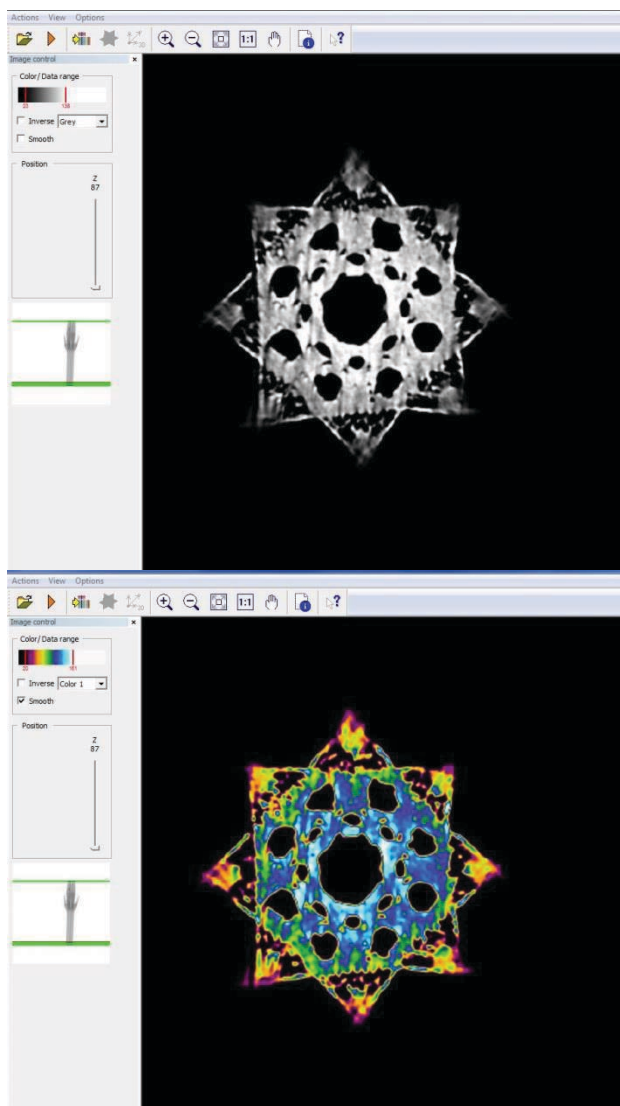
Another very interesting property of marsh horsetail is its slenderness ratio. With a stem with a diameter of 3-5 mm the herb can grow to a size of 50-80 mm without any breakage of the stem due to the weather conditions. This property has been achieved by unique internal structure of the stem. [1, 2, 3, 4]

### 2. Computed tomography (CT)

The distinct advantage of desktop device micro-tomograph SkyScan 1272 is a non-destructive analysis and visualization of textile structures, composites, skeletons, electronics, biomaterials etc. The biological samples analyzed by this device does not have to be conductive or dehydrated. The only greater limitation is the size of samples (the maximum diameter of the sample is 70 mm and a maximum sample height is 75 mm) and the resolution, which is 0.35 microns. The sample is scanned layer by layer. Layers (Fig. 2) are put

together by the program in to the real 3D model (Fig. 3). [5, 6]

Measured sample was scanned under these conditions: voltage 30 kV, power 200  $\mu$ m, pixel size of 9856 micron, exposure 620 ms and scan duration 47m:2 s.

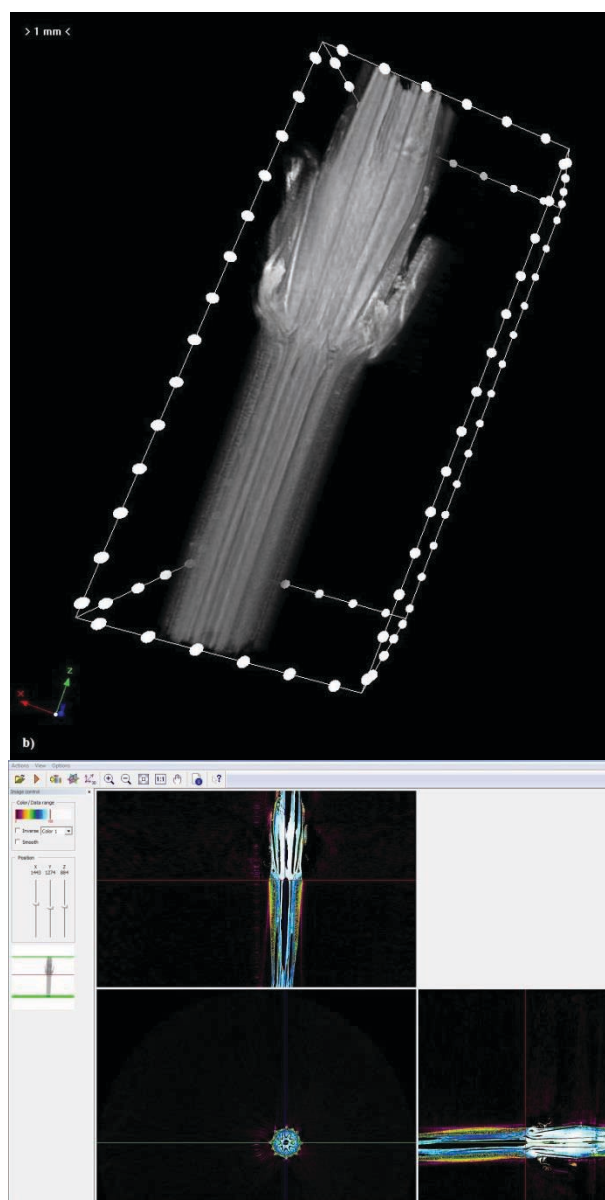


**Fig. 2.** Horsetail scanned by CT 2D picture of designed model

Computer tomograph SkyScan 1272 is equipped with:

- Closed, air-cooled X-ray tube with voltage of 20 – 100 kV, 0 – 250  $\mu$ A (10 W max),
- 16 Mpx detecting CCD camera,
- a motorized sample holder for precise positioning of the sample to the radiation source and a CCD camera,
- 2 control computers with LCD monitors,
- software for complete 2D and 3D quantitative analysis, for morphometry (shape measurement) and densitometry (measurement of the optical densities of processed photographic

records) for realistic 3D visualization of object of the research etc.



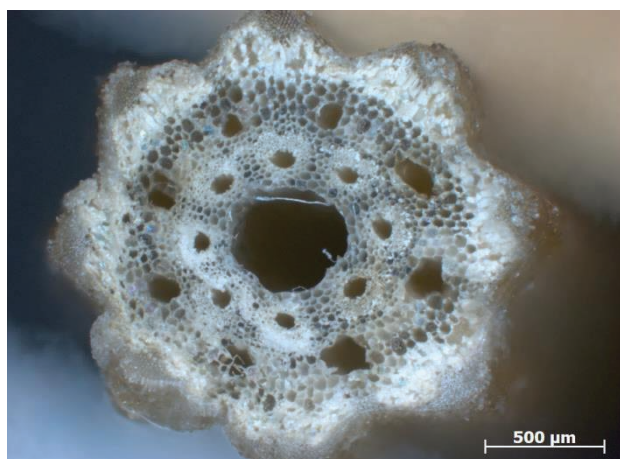
**Fig. 3.** Horsetail scanned by CT reconstructed 3D image of natural draft

### 3. Light optical microscope (LOM)

Light optical microscope is very often used for a quick view of the examined sample. Although it does not allow us to examine the sample in detail, because we are limited by resolving power of the microscope and by depth of field of each lenses, but to obtain the initial information about the sample is fully sufficient. The great advantage of the light optical microscope is not necessary to prepare the studied sample and to a certain extent we are not limited by the sample size (as in the case of CT and SEM). On Fig. 4 is a picture of cross section of marsh horsetail pictured by light-optical microscope Carl Zeiss Axio Imager M2. As the type of



microscope the direct metallographic picture was taken at magnification of 50x and the picture was taken at the light in Dark Field.



*Fig. 4. Picture of marsh horsetail in cut taken by the light optical microscope*

#### 4. Scanning electron microscope (SEM)

Scanning electron microscope allows a much deeper study of biological samples, because we are not so limited by resolving power of scanning electron microscope (modern microscopes have resolution in nanometres) and the depth of field is much greater than in the case of light optical microscopes. The great disadvantage of the scanning electron microscope is a necessity of conductive and completely dry sample.

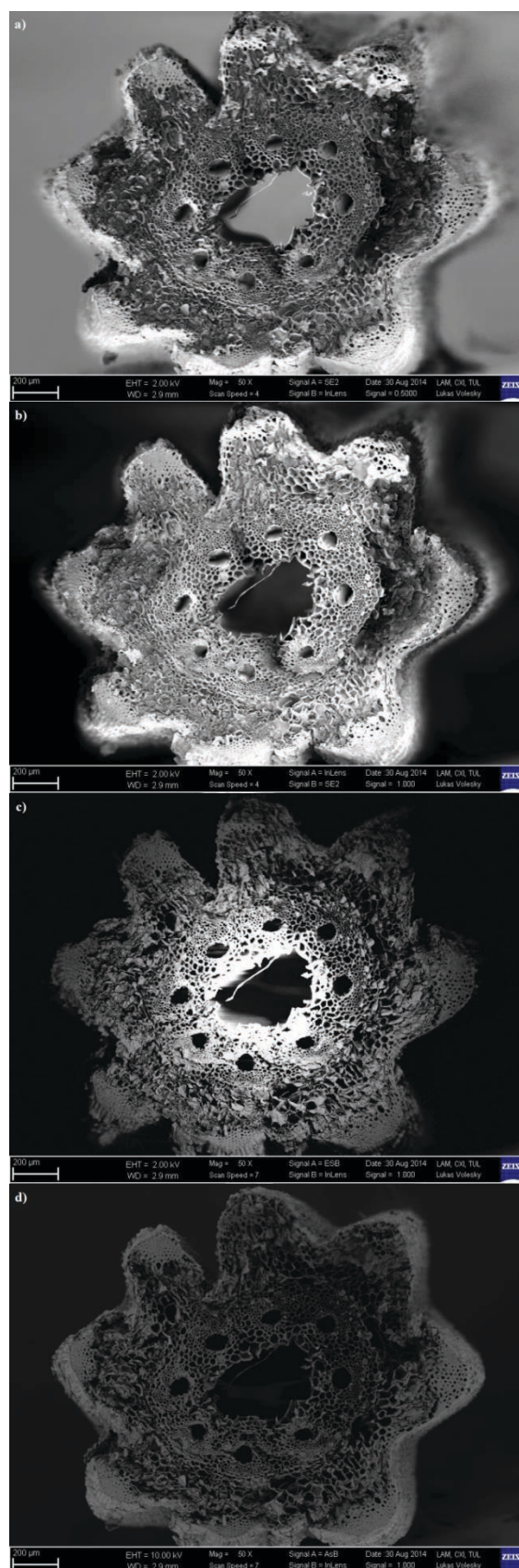
##### 4.1. Removing of non-conductivity of samples:

The simplest way how to remove a non-conductivity of sample is to apply a thin layer on its surface, the order of the nanometers of conductive material (it is often used gold, gold palladium, platinum and carbon). The disadvantage of this method is that during the observing of biological samples at a magnification of 50kx or during the examining of the chemical composition the results may be distorted. This ailment can be removed by using the charge compensator (supplied as an accessory to a scanning microscope Carl Zeiss UTRA Plus) instead of steaming of layer on the sample surface. By inserting a special needle that is almost in contact with the sample is blown the nitrogen over the sample surface. By this inert gas is charge conduct away from the sample surface. With this enhancement, we are able to observe the non-conductive biological samples. [7, 8, 9, 10]

##### 4.2. Removal of water from samples:

Most of biological samples are "full of water", before using scanning electron microscope

it is necessary to dehydrate sample. The reason for dehydration is the vacuum inside of microscope.



*Fig. 5. Picture of horsetail taken by a scanning electron microscope a) SE2, b) InLens, c) EsB, d) AsB*

During creating of vacuum water evaporates from the sample. After creating a vacuum (evaporation of all water) the structure in the cells is collapsing, that can often leads to the distortion of measured results.

The dehydration is usually performed by the alcohol set. The sample passes through a set of solutions (ethanol and distilled water with increasing concentrations of ethanol 30%, 40%, 50%, 75%, 90%, 96% and 100 %). In each of these solutions must be sample immersed from 10 to 20 minutes depending on the type and size of the specimen. Because 100% ethanol is not commercially available it is necessary to remove water from commercially supplied 99.6% ethanol by adding anhydrous calcium chloride more precisely copper sulphate. To keep the structure of biological cells intact it is necessary to replace ethanol with xylene. By this procedure we will prepare a biological specimen, which after drying can be inserted into the microscope without destroying of the cell structure. [11]

We did use a scanning electron microscope Carl Zeiss Ultra Plus which is equipped with detectors of reflected electrons (SE2, InLens), detectors of backscattered electrons (ASB, ESB) and complete chemical analysis from Oxford Instruments including crystallography (EDS, WDS, EBSD). The microscope has a motorized stage 6D. It is also capable of operating at an accelerating voltage in the range of 0.1 - 30kV, in the distance range of 1-20 mm, with a maximum magnification of 1 000kx and resolution 1 nm. On Fig. 5 you can see a horsetail which is scanned by all detectors.

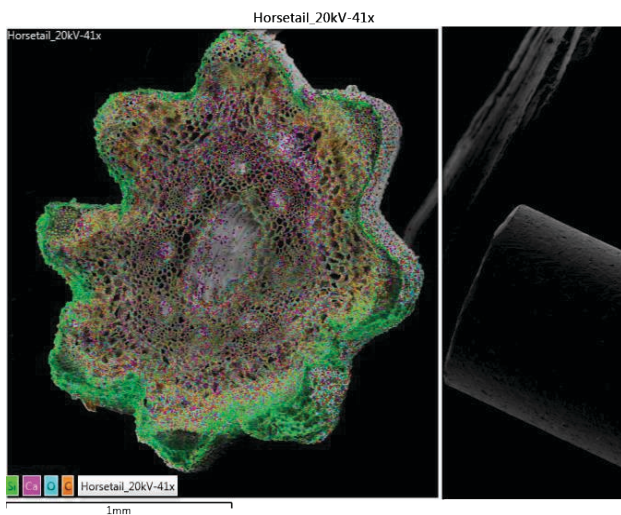


Fig. 6. Picture of horsetail taken by the EDS detector

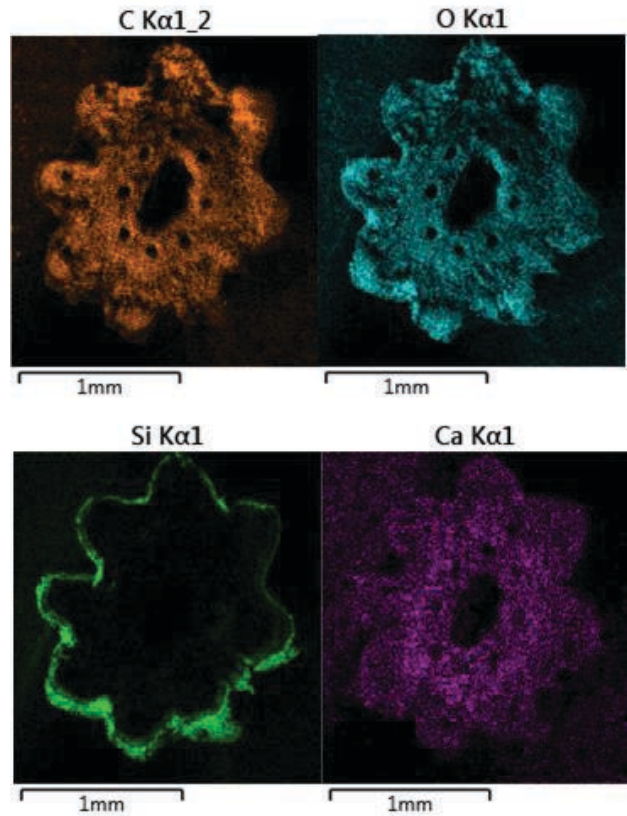


Fig. 7. Distribution the individual elements

On Fig. 6, Fig. 7 and Fig. 8 is shown a map of the chemical composition of the stem of horsetail obtained by using a scanning electron microscope. Map of the chemical composition was taken by the EDS detector from Oxford Instruments MAX 20 with setting of the microscope: accelerating voltage of 20 kV and a working distance of 8.5 mm.

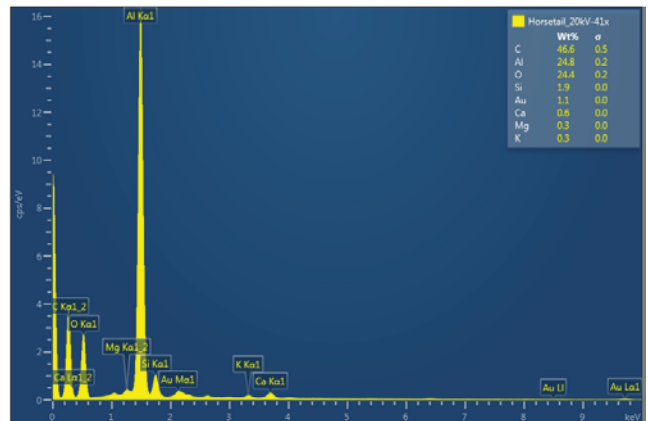


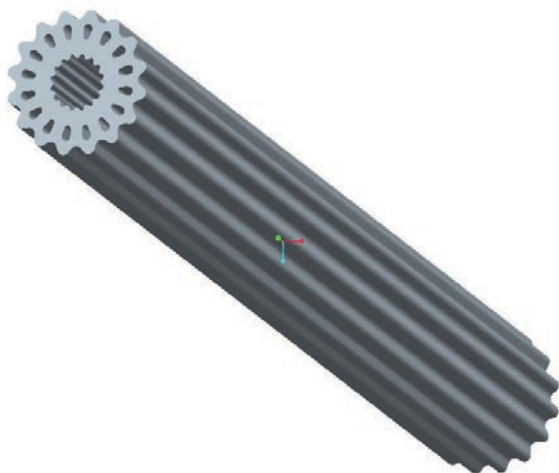
Fig. 8. Spectrum of the chemical composition

## 5. Rapid prototyping

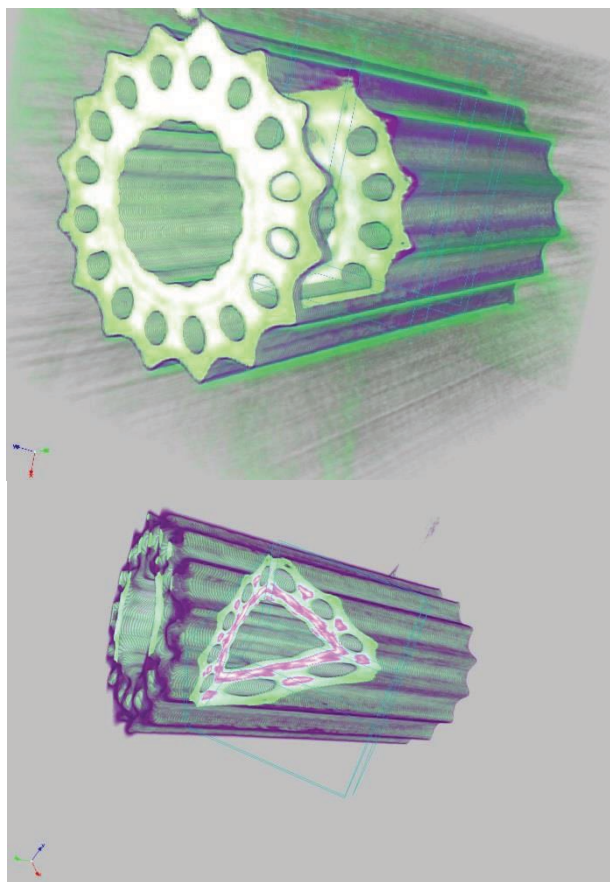
For comparing of results it was made a model using a 3D model rapid prototyping. As the template for creating of model was used image from light optical microscope microscope. After the measurement of material information model was designed in Pro-Engineer software Wildfire 2.0



(Fig. 9). Due to the size of horsetail stem (outer diameter is 2090  $\mu\text{m}$ , internal diameter is 459  $\mu\text{m}$  and cell size is 140  $\mu\text{m}$ ) and distinguishing capabilities and the printing method of 3D printer (filling cavities by filling materials, after printing the model is flushed) it was necessary to create a 5times larger model (outer diameter 1 cm,...).



*Fig. 9. 3D model of horsetail stem*



*Fig. 10. Picture of printed model taken by CT*

This model was then scanned by CT (Fig. 10) and tested by using three-point bending test. The results were compared with the body without horsetails structure.

## 6. Conclusion

In the article was shown several methods for studying of biological samples. Each of the methods has summoned its pros and cons. To study the internal structure of biological specimens without the need of cut can be advantageously used the computed tomography. It is not necessary to have specially prepared samples for the CT scanning. However, the disadvantage may be a relatively poor resolution of 350 nm.

For a deeper examination of samples such as the analysis of chemical composition and the need of a higher resolution is always better to use the scanning electron microscope, which has the magnification up to 1000kx and the resolution in the order of nm. A huge drawback of examining of biological specimens using the scanning electron microscope is a need of more complex sample preparation. For a quick view on sample without a need of sample preparation it can be also used a light optical microscope.

## 7. Acknowledgement

This article is supported by project LO1201 were obtained through the financial support of the Ministry of Education, Youth and Sports in the framework of the targeted support of the "National Programme for Sustainability I" and the OPR&DI project Centre for Nanomaterials, Advanced Technologies and Innovation CZ.1.05/2.1.00/01.0005.

## 8. References

1. Jelínek, Jan and Zicháček, V. (1998). Biologie pro gymnázia: teoretická a praktická část. 2. dopl. a rozš. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, p. 48-52. ISBN 8071820504.
2. Rosypal, S. (2003). Nový přehled biologie. 1. vyd. Praha: Scientia, p. 198, 249, 276-280. ISBN 8071832685.
3. Atlas flory Beskidu Zywieckiego. Skrzyp leśny- Equisetum sylvaticum [online]. (2014) [cit. 2014-08-30]. <http://atlasflory.type.pl/>
4. Kaprad'orosty. Praha a EU - Inestuje do vaší budoucnosti [online]. [cit. 2014-08-25]. Dostupné z:[http://kabcizj.gjn.cz/OPPA/Prac-listy\\_Bio/18\\_Kapradorosty\\_Pi.html](http://kabcizj.gjn.cz/OPPA/Prac-listy_Bio/18_Kapradorosty_Pi.html).
5. Bakalova T., Kolínová M. (2014). Možnosti použití počítačové tomografie (CT) v technice,

- Jemná mechanika a optika, č. 4/2014, p. 111 - 114, ISSN 0447-6441.
6. Bakalova T., Kolínová, M., Louda, P. (2014). Micro CT analysis of geopolymer composites, Manufacturing technology. December 2014, Vol. 14, No. 4, p. 505-510. ISSN 1213-2489.
  7. Vodárek, V. (2012). Metody studia struktury. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 1 CD-ROM. ISBN 978-80-248-2559-5
  8. Pluhař, J. (1989). Nauka o materiálech. Bratislava: SNTL, p. 93-116. 04-205-89.
  9. Ptáček, L. (2003). Nauka o materiálu. 2. opr. a rozš. vyd. Brno: CERM, 516 s. ISBN 80-720-4283-1.
  10. Ptáček, L. (2002). Nauka o materiálu. 2. opr. a rozš. vyd. Brno: CERM, p.392, ISBN 80-7204-248-32.
  11. Nebesářová, J., Válcová, M. and Nebesář M. (2001). Elektronová mikroskopie pro biology

[online]. [cit. 2014-08-25]. Dostupné z: <http://www.paru.cas.cz/lem/book/>.

Department of the Preparation and Analysis of Nanostructures, Institute for Nanomaterials, Advanced Technologies and Innovation, Technical university of Liberec. Studentská 1402/2, 461 17 Liberec 1. Czech Republic.  
E-mail: lukas.volesky@tul.cz,  
E-mail: totka.bakalova@tul.cz,  
E-mail: marcela.kolinova@tul.cz

Gymnasium F.X.Šaldy. Partyzánská 530/3, 460 01 Liberec 11. Czech Republic.  
E-mail: michal.kolenic21@gmail.com



## TYPE LIQUID LUBRICANTS AS AN ACTIVE FULL-FLEDGED ELEMENT OF THE TRIBOLOGICAL SYSTEM

TOTKA BAKALOVA , KAROLÍNA BORUVKOVÁ, PETR LOUDA, MILKA ATANASOVA

**Abstract:** *Liquid lubricant is an active fully-fledged element of the tribological system which affects the amount of mechanical and energy losses. Lubricants are substances, often in a liquid state which are intended to reduce the friction between the two surfaces. Their use is associated with the increased efficiency and reduction of abrasion. Another important properties of lubricants may be for example the dissolution and transfer of foreign particles or heat dissipation. Using the lubricant helps to reduce the friction, enabling efficient work with the same amount of energy input, reduction of materials temperatures at the point of contact and significantly prolong the lifetime of the moving equipment. This article addresses the noise reduction of gear sets by optimizing the tribological properties of the lubricants.*

**Key words:** *tribological system, lubricant, coefficient of friction, wear*

### 1. Introduction

The plastic lubricants are substances which have a plastic character. The lubricants are products intended primarily for lubrication of sliding and rolling elements. Proper process of lubrication always leads to the energy savings. If the contact surfaces are properly lubricated, the movement is easier and thus leads to less energy consumption. Another benefit of lubricants are savings in maintenance. The parts in mutual contact are wear out due to the friction and thus increase the maintenance costs.

The plastic lubricants are the second most important group of substances used for lubrication besides oils, which are due for the external forces plastically deformed and have very good lubricating properties. They are mainly used in the lubrication of roller bearings and plain bearings, cogs for open gear, gears, valves, switches, etc. They are also successfully applied in many other applications where they can be used for their preferred specific properties, eg.:

- long lubricating and exchange intervals;
- low requirements for operation and maintenance;
- low consumption of lubricants;
- sealing of lubricating points - reduces the leakage of lubricant and reduce the penetration of dirt;

- a wide range of applications - the possibility of using a single product for different types of friction contacts.

Compared to liquid lubricant it should be considered that the application of plastic lubricants may cause some limitations. The heat dissipation from the lubricating point gets worse and it is no possibility of removal of generated debris. Despite of this the advantages are numerous and so the plastic lubricants are increasingly used and successfully applied in the tribotechnology.

Oils and lubricants help to the smooth running of many processes by the reduction of friction. They are used both in cars and in a wide range of machines in many industries, where they are a part of the hydraulic systems or bearings. The selection of the correct oil or plastic lubricant is not easy, because exist a whole range of them. The research in this paper offers one of the options of measurement of the properties of lubricants.

The aim was to compare the tribological behavior of lubricants under the same conditions, the evaluation of friction coefficient and wear of friction pairs. Another requirement was to compare the lubricating capabilities of offered greases and oils. Selecting the right lubricant reduces the coefficient of friction, reduce wear, ensuring stability of lubricating performance, reduce noise,

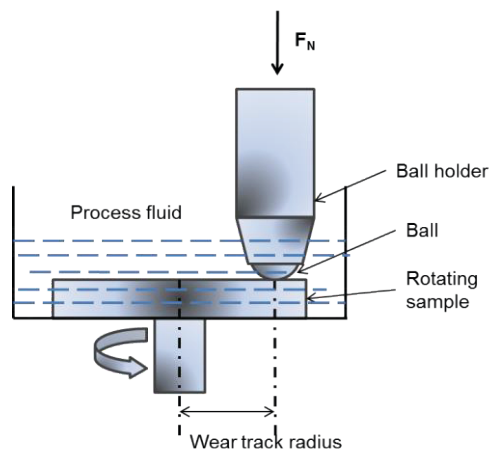
extended service intervals and reducing energy consumption.

## 2. Materials and Methods

The experiment was implemented at the Institute for Nanomaterials, Advanced Technology and Innovation, Technical University of Liberec (TUL).

### 2.1. Evaluation of tribological test

The basis of tribological measurements is testing method “Ball-on-disc” (Figure 1). The measurement involves the injection of fixed attachments of the test piece (“Ball”) in the form of balls made of the chosen material and defined force to drive (test sample). An essential part is the friction sensor. The coefficient of friction between the unit and the disc is determined during the test measurement. The coefficient of friction was determined using the tribometer CETR UMI Multi-Specimen Test System from the BRUKER Company. [1, 2]



**Fig. 1.** Schematic representation of the contact with the sample

Mechanism of friction is defined as a resistance against relative motion of two bodies in the area of their contact. The friction force  $F_t$  depends on the coefficient of friction  $\mu$  and the load  $F_N$ . The description of friction and the introduction of this concept dealt with Coulomb (1799). The basic relationship is known as Coulomb's law:

$$\mu = \frac{F_t}{F_N} \quad (1)$$

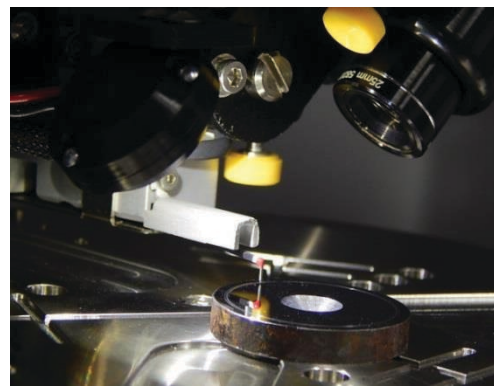
Where:  $F_t$  [N] - the frictional force acting against the direction of movement;  $F_N$  [N] - the pressing force acting perpendicular to the direction of movement;  $\mu$  - coefficient of friction. [1]

Tribology evaluates attributes that influence the interaction of surfaces; environment and the body during their relative motion. It includes

processes of influence on the line between solid; fluid and gaseous state of units. The main goal of tribology is to ensure the relative motion of two surfaces with the least energy and material loss. Tribological attributes describe most of all the coefficient of friction and wear. [3, 4] During the research of friction mechanism and effects we look at the system comprised of two units, their contact areas and the substances, which are between the contact areas and close environment, as a tribological system. [2]

### 2.2. Mechanical profilometer and optical microscopy

The tip of mechanical profilometer DektakXT™ is in direct contact with the sample. Compressing force during the experiment can be adjusted (ranging 1 to 15 mg). The load must be selected according to the type of the sample, to prevent the mechanical damage (scratching) of samples if the sample is soft and the force disproportionately large.



**Fig. 2.** Mechanical profilometer DektakXT™ from the BRUKER company

During the measurement the sample is placed on a substrate (Figure 2) and it is in direct contact with the tip. Unevenness on the surface of the sample are registered by the tip, which performs vertical movement. The sample is moved relative to the stationary pin. For some profilometers it is the opposite - the sample is in place and stylus moves in the vertical and horizontal directions (this option is less frequent). [1, 2]

Mechanical profilometer scan in the contact way the shape of solid surfaces by diamond tip with the size of few micrometers, thereby it is possible to study the surface morphology on the horizontal scale with the size of hundreds micrometers to tens of millimeters, with a vertical resolution of one nanometer. It is thus possible to determine for example; surface roughness, thickness of the non-transparent layer, the shapes of the etched structures, profiles of inclined deficits and so on. [1]



The use of light-optical microscope allows to observe and analyze the microscopic objects and structures in reflected light at magnifications from 25x to 1000x. Preparation of samples for analysis and observation by the optical microscope in reflected light is done by the grinding and polishing. The contrast of the images is obtained based on the individual structural reflexivity, different phases or due to the surface topography. The intensity of reflected light is proportional to  $\cos\varphi$ , where  $\varphi$  is the angle between the sample surface and the incident light beam. [5]

Recording of images from a light optical microscope is obtained by CCD camera. The scanned data can be then archived, analyzed and modified by the software. The goal of data software analysis is the processing of visual information, elimination of random errors and extraction of typical features characterizing the image. [5, 6] Optical microscopy allows very fast display structures using the various contrast methods, e.g. phase contrast, polarization, fluorescence, Hoffman modulation contrast or Nomarski differential interference contrast. [7]

### 2.3. Description of the used lubricants

Within an experiment were used five different kinds of lubricants with trademarks Fin Grease MP 00, Kluberquiet BQ 72-72, Mobilux EP2, Millers Oils (CRX 75W140 NT) and Shell Omala S2 G 220.

Interflon *Fin Grease MP00* is a semi-liquid soft lubricating grease with Teflon for permanent filling. This semi-fluid lubricating grease for industrial gearboxes and machine parts with automatic oil or grease lubrication system has a long-term effect. Characterized in that it offer the fluidal properties of the oil and at the operating temperature considerably reduces friction. Furthermore reduces lubricant leakage from the older gearboxes with a worn seal. A favorable feature is that it extends the lubricant change interval.

*Kluberquiet BQ 72-72* is suitable for bearings where long service lifetime is required in combination with especially low-noise operation. Such applications include the rolling bearings in electric motors, fans, air conditioners, generators and belt tighteners in cars, electric household appliances and office equipment. The product should therefore primarily be used for the long-term lubrication of capped or sealed bearings.

*Mobilux EP* have a long history of proven performance and have demonstrated a good performance in areas of corrosion protection, low temperature pumpability and high temperature service lifetime, reduced wear under the heavy or

shock loading and vibration for good equipment reliability and availability, protection against the rust and corrosion and resistance for water washout for equipment protection and good lubrication even in a presence of water. Mobilux EP2 is recommended for the multipurpose applications in anti-friction and plain bearings, bushings and pins under normal operating conditions.

*Millers Oils Nanodrive CRX45W140NT* incorporates "Nano Technology" additive chemistry which significantly reduce the internal friction and power losses, combined with an extreme pressure additives. Designed for the lubrication of transmission systems which are subject to high stresses or arduous applications e.g. long distance racing on very high power and torque output. Recommended for modern transmissions where the fully synthetic oil is specified, especially for high performance road and track day applications.

*Shell Omala S2 G 220* is high quality extreme pressure oils designed primarily for the lubrication of heavy duty industrial gears. Their high load carrying capacity and anti-friction characteristics combine to offer superior performance in gears. Shell Omala S2 G 220 is formulated to resist the thermal and chemical breakdown throughout the maintenance interval. They withstand high thermal loading and resist the formation of sludge to provide extended oil life capability, even with bulk oil temperatures of up to 100°C in certain applications.

## 3. Results

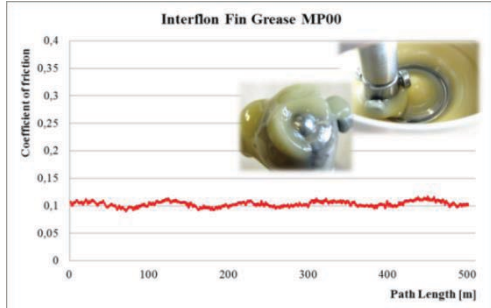
### 3.1. Tribological tests

Tribological testing (EN1071-13:2010) was conducted by using a ball made from steel EN 1.4125 (X 105 Cr Mo 17) with a diameter of 6.350 mm, with a constant load of 10 N at room temperature and humidity  $40 \pm 2$  %. This metal (EN 1.4125) will achieve the highest hardness of the available hardenable stainless steels. It possesses good corrosion resistance, particularly in the hardened and tempered condition. The material is magnetic in all conditions. The materials disk was made of steel EN 10084-94 with a polished surface with roughness of Ra 0.01 $\mu$ m. The radius of the circle along which the moving unit was 13 mm and measuring the coefficient of friction was carried out by using lubricants.

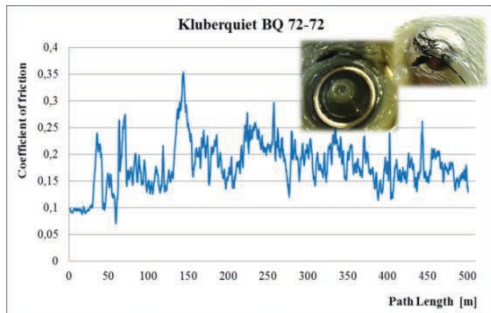
Figures 3 - 7 shows the changes in friction coefficient using different lubricants with trademarks Fin Grease MP 00, Kluberquiet BQ 72-72, Mobilux EP2, Millers Oils (CRX 75W140 NT) and Shell Omala S2 G 220.

The tribological measurements showed very different frictional properties of the lubricants, the coefficient of friction varies from 0.1 for oil up to

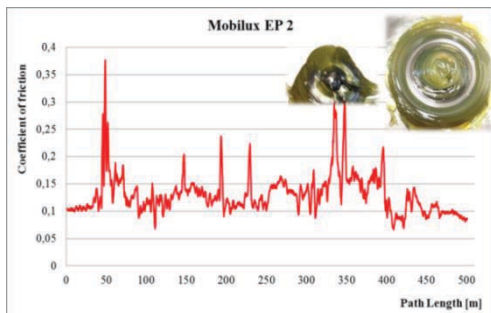
0.2 to 0.3 for lubricants. Lubricants in the paste form, especially Kluberquiet BQ 72-72 and Mobilux EP2 have different behavior compared with oils. When friction under the same conditions, wear of the balls and the disk is significantly larger than in case of used oils (Millers Oils and Shell Omala S2 G 220).



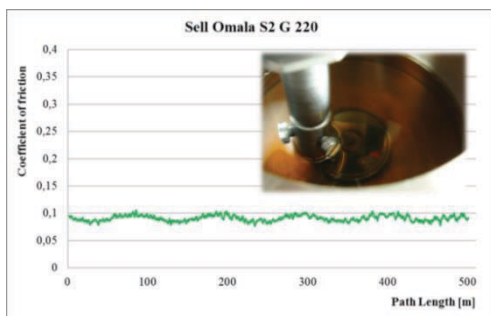
**Fig. 3.** Coefficient of friction of Interflon Fin Grease MP00



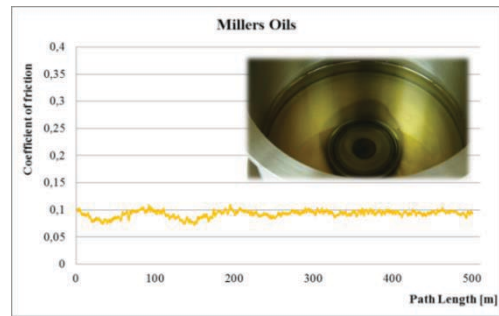
**Fig. 4.** Coefficient of friction of Kluberquiet BQ 72-72



**Fig. 5.** Coefficient of friction of Mobilux EP2



**Fig. 6.** Coefficient of friction of Shell Omala S2 G 220



**Fig. 7.** Coefficient of friction of Millers Oils

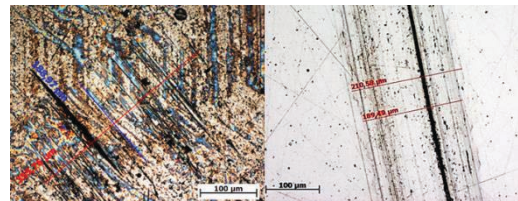
Table 1 shows the average coefficient of friction value for all investigated lubricants. The value of the coefficient of friction without the lubrication is 0.562.

**Table 1.** Average values coefficient of friction

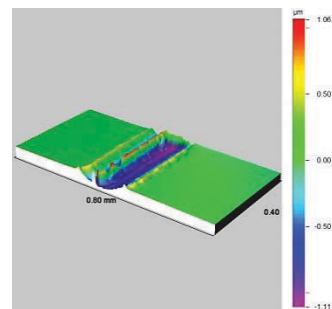
Fin Grease	Kluber-quiet	Mobilux EP2	Millers Oils	Shell Omala
0.103	0.180	0.130	0.093	0.091

### 3.2. Mechanical profilometer and optical microscopy

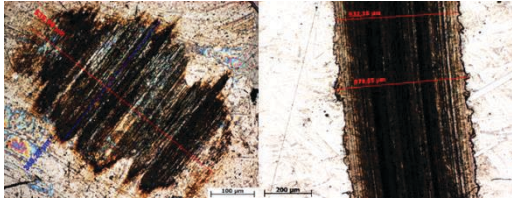
On Figures 8 - 17 are results from optical microscope. The results for lubricants are shown gradually Fin Grease MP 00, Kluberquiet BQ 72-72, Mobilux EP2, Millers Oils (CRX 75W140 NT) and Shell Omala S2 G 220, the size of wear of the balls after tribology. On the next picture is scanned profile by the mechanical profilometer, which provides information about the depth and width of the groove.



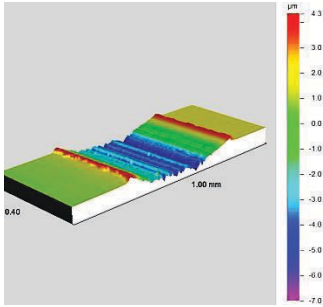
**Fig. 8.** Evaluation of wear of the ball and wear on the drive made by an optical microscope - Fin Grease MP 00



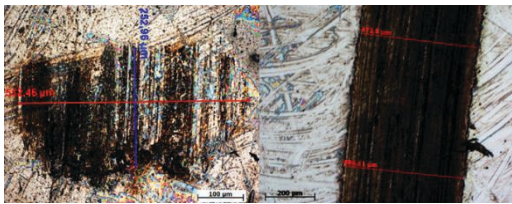
**Fig. 9.** 3D image of the profile groove made by a mechanical profilometer - Fin Grease MP 00



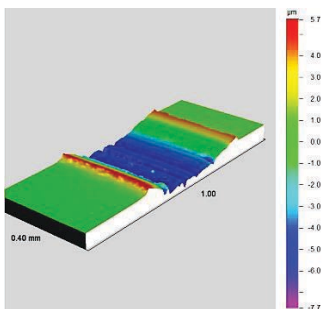
**Fig. 10.** Evaluation of wear of the ball and wear on the drive made by an optical microscope - Kluberquiet BQ 72-72



**Fig. 11.** 3D image of the profile groove made by a mechanical profilometer - Kluberquiet BQ 72-72



**Fig. 12.** Evaluation of wear of the ball and wear on the drive made by an optical microscope - Mobilux EP2

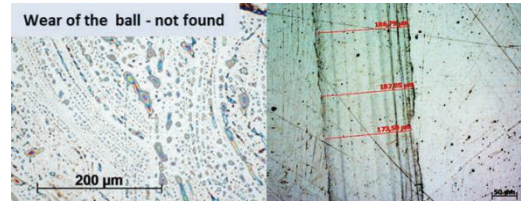


**Fig. 13.** 3D image of the profile groove made by a mechanical profilometer - Mobilux EP2

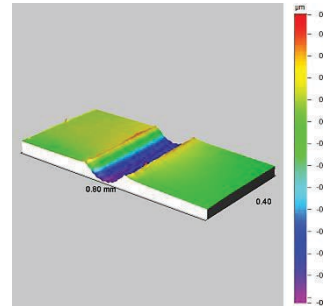
In case of both lubricants Kluberquiet BQ 72-72 and Mobilux EP2 were registered worse frictional properties, which was caused by an inability to form a lubricating film on the surface of the disk and this led to the deterioration in the friction coefficient values during the tribological experiment.

The best results were achieved with oil Shell Omala S2 G 220 a Millers Oils. Shell Omala S2 G 220 showed the best results, where the measured profile width of the groove was about

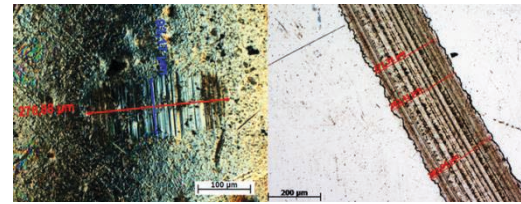
187 µm and on the surface of ball have not show any wear. This fluid has good lubricating ability.



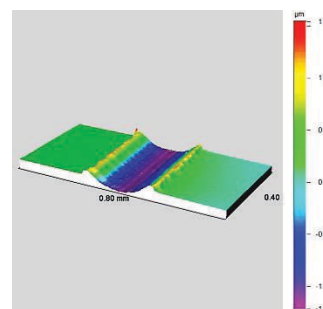
**Fig. 14.** Evaluation of wear of the ball and wear on the drive made by an optical microscope - Shell Omala S2 G 220



**Fig. 15.** 3D image of the profile groove made by a mechanical profilometer - Shell Omala S2 G 220



**Fig. 16.** Evaluation of wear of the ball and wear on the drive made by an optical microscope - Millers Oils



**Fig. 17.** 3D image of the profile groove made by a mechanical profilometer - Millers Oils

An important indicator in evaluating the tribological experiments is the wear rate of the disk surface as well as the wear of the balls. Evaluation of these parameters gives basic information about the quality of lubricants and lubricating and cleaning abilities.



Tribological properties of a lubricant called Fin Grease MP00 correspond to the properties of oils as well as wear of the ball and disk.

Optical microscopy allows to obtain information about the degree of wear of the balls and the groove width of removed material under defined experimental conditions. The relevant software gives the possibility to measure differences in wear of ball and groove using different lubricants.

By the mechanical profilometer was this fact confirmed and by using a 3D imaging of the profile groove was obtained an information about the volume of removed material from the substrate.

The experiments have shown the possibility of using optical microscopy and mechanical profilometer for evaluation of tribological properties of friction pairs under the controlled environment. Experiment enabled an optimal choice of lubricants for industrial use.

#### 4. Conclusion

The tribological experiment was conducted under the same conditions for all used lubricants. The result of the experiment is confirmation of the different behaviors of examined lubricants depending on their application in practice.

The experiments showed that the best use properties from all three tested grease lubricants has a grease with the trade name Fin Grease MP00. In comparison with other greases has the best coefficient of friction and simultaneously the best wear resistance. Oils exhibit superior tribological behavior, but for long-term extreme stress are unsuitable.

#### Acknowledgment

*The paper was supported in part by the project MŠMT EUREKA CZ LF13009 E/6727 and by the project LO1201 were obtained through the financial support of the Ministry of Education, Youth and Sports in the framework of the targeted support of the "National Programme for Sustainability I" and the OPR&DI project Centre for Nanomaterials, Advanced Technologies and Innovation CZ.1.05/2.1.00/01.0005.*

#### References

1. Bakalova, T., Louda, P., Voleský, L., Andršová, Z. (2014). The use of optical microscopy to evaluate the tribological properties. Manufacturing technology. Vol. 14, No. 3, p. 256-261, ISSN 1213-2489.
  2. Bakalova T., Louda, P., Voleský L., Křiklavová, L. (2014). The impact of natural nanoadditiv on the tribological and chemical properties of process fluids, 8th International Conference on Tribology, 30thOct.-1stNov. Sinaia, Romania, p. 142 – 148, ISBN: 978-973-919-570-8.
  3. Burakowski, T., Wierzchoń T. (1999) Surface engineering of metals: principles, equipment, technologies. Boca Raton, Fla.:CRC Press, p. 592, Materials science and technology (Boca Raton, Fla.). ISBN 08-493-8225-4.
  4. Kraus, V., A Matthews. (2000) *Povrchy a jejich úpravy: Properties, mechanisms, techniques and applications in surface engineering*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, p. 216, Tribology and interface engineering series, 56. ISBN 80-708-2668-1.
  5. Andršová Z., Kejzlar, P., Voleský, L. (2013) Image analysis as a basis for the use of ultrasonic structuroscopy, Fine Mechanics and Optics, number 1, p. 21 - 24, ISSN 0447-6441.
  6. SERRA, J. (1983). Image Analysis and Mathematical Morphology, Academic Press, Inc. Orlando, FL, USA, ISBN: 0126372403.
  7. Kejzlar, P., Macajová E., Kratochvíl, P. (2013). The Use of Correlative Microscopy for The Structural Examination of Fe-Al-Zr-based Materials, Fine Mechanics and Optics, number 1, p. 25 - 27, ISSN 0447-6441.
- Department of the Preparation and Analysis of Nanostructures, Institute for Nanomaterials, Advanced Technologies and Innovation, Technical university of Liberec Studentská 1402/2, 461 17 Liberec 1, Czech Republic, Phone: +420 485353818, E-mail: totka.bakalova@tul.cz.
- Department of textile materials, Technical university of Liberec, Studentská 1402/2, 461 17 Liberec 1, Czech Republic, E-mail: karolina.boruvkova@tul.cz.
- Department of Material Science, Technical university of Liberec, Studentská 1402/2, 461 17 Liberec 1, Czech Republic, E-mail: petr.louda@tul.cz.
- Department of Mechanical Engineering Equipment and Technologies, Technical university of Gabrovo, 4 H. Dimitar, 5300 Gabrovo, Bulgaria, E-mail: mata\_ata@abv.bg.





## ЧИСЛЕНИ ПРЕСМЯТАНИЯ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ВРЕМЕТО НА ВЪЗДЕЙСТВИЕ ВЪРХУ ПРОЦЕСА НА ЛАЗЕРНО НА ЛИСТОВА СТОМАНА

ЛЮБОМИР ЛАЗОВ, ХРИСТИНА ДЕНЕВА

**Резюме:** Направените числени пресмятания в изследването са в посока анализирани на температурните полета в даден момент от време  $t$  при въздействието на лазерното лъчение върху материала за постоянни стойности на плътността на мощността  $q_s$ . Изчисленията със специализираната програма *Temperaturfeld3D* са насочени към изследване на влиянието на скоростта на рязане  $v$  (респективно време на въздействие  $t_{\text{вззд}}$ ) върху процеса на лазерно рязане чрез топене на листовата стомана. Моделните пресмятания се извършват до достигане на температури малко над тази на топене на електротехническа стомана  $T_m=1780$  К. По време на изчисленията се анализират измененията на температурата на повърхността  $T_{xy}$  на образеца. Представени са резултати и за зависимостта  $T = T(t_{\text{вззд}})$  за конкретна дълбочина  $z$ , като пресмятанията са до достигане на температурата  $T_m$ .

**Ключови думи:** лазерно рязане, листовата стомана, числено пресмятане

## NUMERICAL CALCULATIONS TO STUDY THE INFLUENCE OF THE IMPACT TIME ON THE LASER CUTTING PROCESS OF SHEET STEEL

LYUBOMIR LAZOV, HRISTINA DENEVA

**Abstract:** Numerical calculations in the study are made in a direction to analyzing temperature fields at some time  $t$  under the influence of laser radiation on the material in constant values of power density  $q_s$ . The calculations with a software program *Temperaturfeld3D* are aimed to studying the influence of cutting speed  $v$  (respectively impact time  $t_{\text{vazd}}$ ) on the laser cutting process through melting of sheet steel. The model calculations are carried out until temperatures slightly up to that of melt on electrical steel  $T_m = 1780$  K. During the calculations are analyzed the surface temperature changes  $T_{xy}$  of the sample. The dependence  $T = T(t_{\text{vazd}})$  for a specific depth  $z$  are presented, as the calculations are to reach the temperature  $T_m$ .

**Key words:** laser cutting, sheet steel, numerical calculation

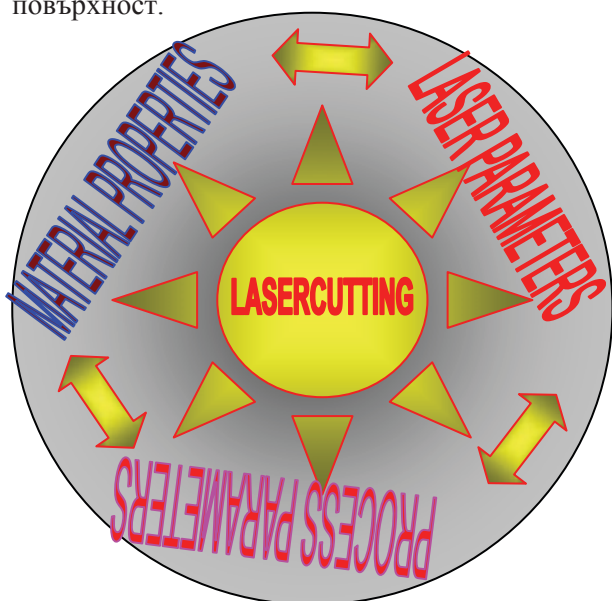
### 1. Въведение

Утвърдена практика през последните години, е при реализирането на конкретен лазерно технологичен процес задължително да се минава през предварително физико-математично моделиране, с цел определяне на приблизителен диапазон на работните

технологични параметри (фиг. 1). Числени пресмятания, проведени с модела спестяват време и средства и дават обобщена ориентируваща оценка, както за техническите параметри на процеса, така и за постигане на желаните качествени резултати. Появиха се редица софтуерни програми, с които може да се

решават, конкретни задачи на моделирането и симулирането на технологичните процеси, като Comsol Multiphysics, Matlab, Matcad и др. [1, 2, 3].

Технологичният процес на лазерно рязане чрез топене на листов материал е физичен процес, при който погълнатата електромагнитна енергия създава върху листовия материал повърхностен топлинен източник [4, 5]. Погълнатата топлинна енергия от повърхността на материала се пренася в дълбочина на базата на физическото явление топлопроводност до достигане на долната повърхност.



Фиг. 1. Параметри, оказващи влияние на процеса на лазерно рязане

Преносът на топлина от работната зона при лазерно въздействие се осъществява от прегретите свободните електрони [6]. Този процес се описва със стандартното уравнение на топлопроводност в диференциална форма [7]:

$$c_p \rho \frac{\partial T}{\partial t} = k \left[ \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right] + q_s (1-R) \alpha' \quad (1)$$

където  $x$ ,  $y$  и  $z$  са декартовите координати;  $k$  - коефициент на топлопроводност;  $R$  - отражателна способност от повърхността;  $q_s$  - по-върхнинна плътност на мощността на лазерното лъчение;  $c_p$  - специфичен топлинен капацитет;  $\rho$  - плътност на материала;  $\alpha'$  - коефициент на абсорбция.

При решаването на уравнение (1), съобразно спецификата на лазерното рязане чрез топене се дефинират едно начално (2) и две гранични (3, 4) условия,

$$T(x, y, z, 0) = T_0 \quad (2)$$

където  $T_0$  е температурата на околната среда.

$$-k \left( \frac{\partial T}{\partial z} \right) \Big|_{z=0} = q_s (1-R) \quad (3)$$

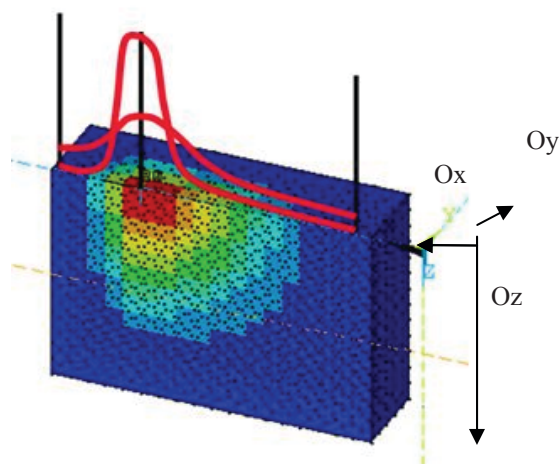
$$-k \left( \frac{\partial T}{\partial z} \right) \Big|_{z=h} = 0 \quad (4)$$

При така зададените начално и гранични условия, решението на диференциалното уравнение на топлопроводността, позволява еднозначно определяне на температурата в дадена точка на тялото, в произволен момент от време, т.е.  $T = T(x, y, z, t)$ .

Задачата успешно може да се реши с използването на числени методи [8, 9].

В изследвания модел на обработка при рязане на листов материал се приема, че топлинният източник е повърхностен бързодвижещ се източник върху безкрайна тънка пластина (ламела за статорен и роторен пакет).

Моделът позволява да се разглежда разпределението на температурата в трите направления  $Ox$ ,  $Oy$  и  $Oz$ , т.е.  $T = T(x, y, z, t)$  (фиг. 2).



Фиг. 2. Движещ се лазерен топлинен източник по повърхността на безкрайно тънка пластина (разпределение на температурата в дълбочина и по повърхността)

## 2. Резултати и дискусии

За реализиране на числените пресмятания с модела се преминава през следните етапи:

А) Първоначално в изследването се изяснява физическия модел на процеса на лазерна обработка рязане чрез топене на ламели от електротехническа стомана. В модела се правят следните допускания:

- при бързодвижещ се топлинен източник е в сила  $v_b > v_t$  ( $v_b$  - скорост на обработка;  $v_t$  - скорост на разпространение на топлинния фронт);

- за лазерен повърхностен топлинен източник е в сила неравенството  $r_0 \gg h_t$  ( $r_0$  – радиус на работното петно);
- дълбочината, на която се разпространява топлинния фронт  $h_t$  за времето на въздействие, се пресмята по формулата:  $h_t = (4atvd)^{1/2}$
- скоростта на разпространение на топлинния фронт  $v_t$  за времето на въздействие е  $v_t = (a / tvd)^{1/2}$

В) Числените пресмятания се извършват със специализирана софтуерна програма Temperaturfeld3D [10], в която се задават стойностите от три групи фактори, свързани с процеса на обработка:

- топлофизически и оптически свойства на материала (електротехническа стомана М330-50А; от справочни таблици се вземат стойностите на: коефициент на топлопроводност  $k = 39 \text{ W/(m.K)}$ ; специфичен топлинен капацитет  $c = 460 \text{ J/(kg.K)}$ ; плътност  $\rho = 7650 \text{ kg/m}^3$ ; коефициент на температуропроводност  $a = 1,057 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ );
- изменението на оптичните и топлофизични характеристики с температурата се отчита на базата на различни подходящи за модела апроксимации разгледани подробно в [11] същите са интегрирани в софтуера на програмата Temperaturfeld3D
- параметри на използвания в изследванията лазерен източник TruDisk 2001 [12] – таблица 1;
- параметри на технологичната система TruLaser 1030 – таблица 1.

**Таблица 1.** Входни параметри на лазерната система TruLaser 1030

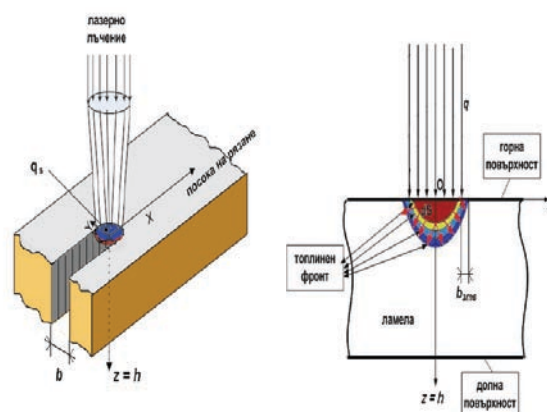
дължина на вълната $\lambda$ , $\mu\text{m}$	1,03
мощност $P$ , $\text{W}$	800- 2 000
скорост на рязане $v$ , $\text{m/min}$	5 – 60
фокусно разстояние $f$ , $\text{mm}$	200

С) Провеждане на числените експерименти при изследване на процеса на лазерно рязане чрез топене на образци от електротехническа стомана във функция от скоростта на рязане посредством програмата Temperaturfeld3D.

За конкретното изследване се проведеха изчисления в две направления:

- $T=T(t)$  на повърхността на образца;
- $T=T(z)$  при определени скорости на обработка.

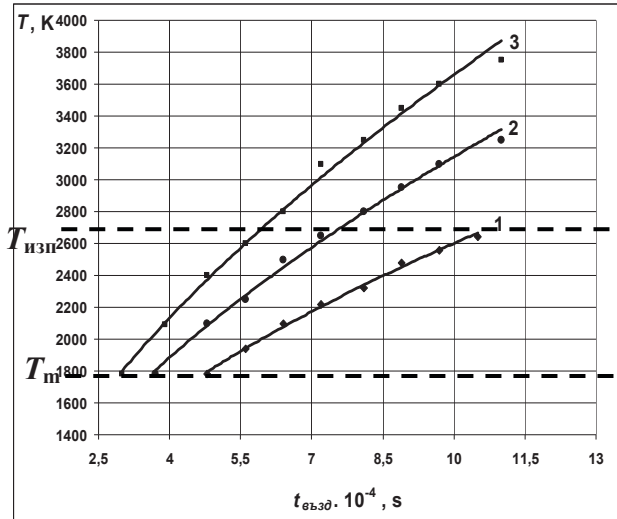
От получените при изчисленията изотерми може да се оцени широчината  $b$  и дълбочината  $z = h$  на зоната на обработка по време на процеса на лазерно рязане. Анализът позволява да се оцени зоната на термично влияние  $b_{\text{зТВ}}$  в близост до ръба на сръза във функция от технологичните параметри на обработка (температурата на топене  $T_m$ , необходима за протичане на процеса лазерно рязане чрез топене, е функция от времето на въздействие  $t_{\text{възд}}$  и плътността на мощността  $q_s$ ) фиг. 3.



**Фиг. 3.** Схематично представяне на процеса на лазерно рязане на безкрайна тънка пластина

При изследване на разпределението на температурата по повърхността на ламелата, стойностите на времето на въздействие  $t_{\text{възд}}$  се променят в интервала  $\in [3,0 \cdot 10^{-4}; 1,1 \cdot 10^{-3}] \text{ s}$ , съответстващ на изменение на скоростта на рязане в интервала  $v \in [11; 40] \text{ m/min}$ . За дадената серия от експерименти плътността на мощността  $q_s$  се подбира постоянна. На фиг. 4 са представени резултати от пресмятанията за три различни стойности на  $q_s$ .

От графиката се вижда, че с нарастване на  $t_{\text{възд}}$  (намаляване на скоростта на рязане  $v$ ), температурата на повърхността на образца  $T_{xy}$  се увеличава нелинейно.



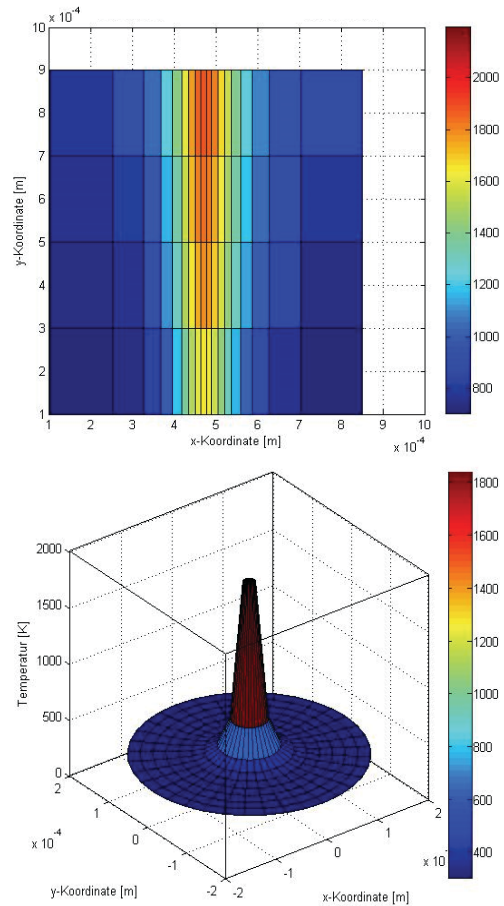
**Фиг. 4.** Графики на зависимостта  $T_{xy} = T_{xy}(t_{везд})$ , при плътности на мощността:  
 1 –  $q_s = 3,18 \cdot 10^{10} \text{ W/m}^2$ ;  
 2 –  $q_s = 3,82 \cdot 10^{10} \text{ W/m}^2$ ;  
 3 –  $q_s = 4,46 \cdot 10^{10} \text{ W/m}^2$

От графиките на фиг. 4 можем да направим извода, че и за трите плътности на мощността  $q_s$  процесът на лазерно рязане чрез топене на ламели може да се реализира при температури в интервала (1780 ÷ 2750) К. От числените пресмятания може да се оценят и работни интервали за необходимата скорост на рязане  $v$  на листов материал с дебелина 350  $\mu\text{m}$  и 500  $\mu\text{m}$ . Така например, за

- мощност на лазерното лъчение  $P = 1400 \text{ W}$  ( $q_s = 4,46 \cdot 10^{10} \text{ W/m}^2$ ) работните скорости са в интервала  $v \in [18; 40] \text{ m/min}$ ,  $t_{везд} = (3,0 \cdot 10^{-4} \div 6,4 \cdot 10^{-4}) \text{ s}$ ;

- мощност  $P = 1000 \text{ W}$  ( $q_s = 3,18 \cdot 10^{10} \text{ W/m}^2$ ) – работните скорости са в интервала  $v \in [11; 25] \text{ m/min}$ ,  $t_{везд} = (4,8 \cdot 10^{-4} \div 10,5 \cdot 10^{-4}) \text{ s}$ .

Изотерми на повърхността на материала в резултат на лазерното въздействие, получени при числените експерименти, са показани на фиг. 5. Дълбочината на проникване на топлинния фронт в материала за различни времена на въздействие може да бъде оценена от анализа на получените резултати при симулации с модела. При плътност на мощността на лъчението  $q_s = 3,18 \cdot 10^{10} \text{ W/m}^2$  и време на въздействие  $t_{везд} = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ s}$  се вижда, че в работно петно с диаметър  $d_0 = 200 \mu\text{m}$ , температурата  $T = T_m$  е достатъчна, за да се реализира процес на лазерно рязане чрез топене, както и за плътност на мощността  $q_s = 2,10 \cdot 10^{10} \text{ W/m}^2$  и време на въздействие  $t_{везд} = 3,10^{-3} \text{ s}$ .



**Фиг. 5.** Температурно поле на повърхността на образец от електротехническа стомана при  $q_s = 2,10 \cdot 10^{10} \text{ W/m}^2$  и  $t_{везд} = 3,10^{-3} \text{ s}$  (отгоре) и  $q_s = 3,18 \cdot 10^{10} \text{ W/m}^2$  и  $t_{везд} = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ s}$  (отдолу)

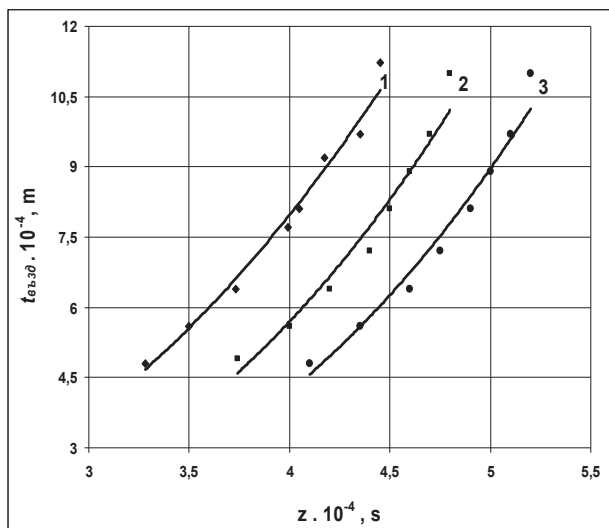
От анализа на числените пресмятания се констатира, че размера на зоната на термично влияние (фиг. 5) е от порядъка на  $b_{зтв} = (10 - 20) \mu\text{m}$ .

Числените пресмятания позволяват да се анализира и ролята на времето на въздействие  $t_{везд}$  за проникване на топлината на определена дълбочината  $z$ . Моделът дава възможност да се оцени и необходимото време на въздействие в зоната на обработка (скоростта на рязане) за достигане температурата на топене  $T_m = 1780 \text{ K}$  на определена дълбочина в материала, т.е. да се реализира рязане чрез топене за ламели с различни дебелини. Графичните зависимости за времена на въздействие  $t_{везд} = (4,8 \cdot 10^{-4} \div 1,1 \cdot 10^{-3}) \text{ s}$  при три различни плътности  $q_s$  на мощността на лазерното лъчение са представени на фиг. 6.

От анализа на графиките следва извода: С нарастване на времето на въздействие в интервала  $t_{везд} \in [4,8 \cdot 10^{-4}; 1,1 \cdot 10^{-3}] \text{ s}$  се увеличава дълбочината, на която се достигат температури, по-високи от тази на топене  $T_m$ . Образците от електротехническа стомана с дебелина 0,35 mm

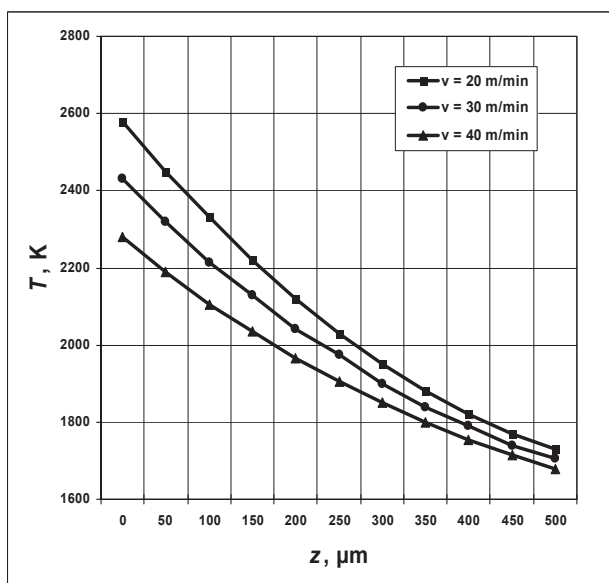


могат да бъдат срязани чрез топене при плътности на мощността  $q_s \geq 3,18 \cdot 10^{10} \text{ W/m}^2$ . За рязане на ламели с дебелини от 0,50 mm са необходими и по-високи плътности на мощността  $q_s \geq 4,46 \cdot 10^{10} \text{ W/m}^2$ .



**Фиг. 6.** Графики на зависимостта  $t_{\text{вззд}} = t_{\text{вззд}}(z)$ , при плътности на мощността: 1 –  $q_s = 3,18 \cdot 10^{10} \text{ W/m}^2$ ; 2 –  $q_s = 3,82 \cdot 10^{10} \text{ W/m}^2$ ; 3 –  $q_s = 4,46 \cdot 10^{10} \text{ W/m}^2$

На фиг. 7 са представени резултатите за три различни скорости на обработка  $v = (20, 30, 40) \text{ m/min}$  и плътност на мощността  $q_s = 4,85 \cdot 10^{10} \text{ W/m}^2$  при изследване изменението на температурата  $T$  в дълбочина  $z$ .



**Фиг. 7.** Графики на зависимостта  $T = T(z)$  при три скорости на рязане

От графиките на фиг. 7 се определи, че бързината, с която се изменя температурата в дълбочина е  $\frac{\partial T}{\partial z} = 1,2 \text{ K/}\mu\text{m}$ .

### 3. Заключение

Въз основа на проведените серии числени експерименти посредством софтуерната програма Temperaturfeld3D са дефинирани работни интервали за скоростта на рязане  $v = (5 - 60) \text{ m/min}$ , респ. времето на въздействие  $t = (3 \cdot 10^{-4} - 1,1 \cdot 10^{-3}) \text{ s}$ , подходящи за реализиране на процеса лазерно рязане чрез топене на листов електротехническа стомана с дебелина до 0,500 mm. Получените данни ще подпомогнат планирането на експерименти при провеждане на технологични операции по настройка и оценка на работни диапазони на технологичните параметри за получаване на желана геометрията на сръза във функция от скоростта на рязане.

### ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.comsol.com/>
2. <http://www.mathworks.com/products/matlab/>
3. <http://www.ptc.com/product/mathcad>
4. Вейко, В. П. *Технологические лазеры и лазерное излучение*. 52с. ИТМО, Санкт-Петербург, 2007
5. Григорянц, А. Г. *Основы лазерной обработки материалов*. 301с. Машиностроение, М., 1989
6. Миркин, Л. И. *Физические основы обработки материалов лучами лазера*. 384с. М., 1975
7. Тихонов, А. Н., А. Самарский, *Уравнения математической физики*, 735с. М., 1974
8. Shen, Z. H., S. Y. Zhand, J. Lu, X. W. Ni. Mathematical modeling of laser induced heating and melting in solids. *Journal of Optics & Laser Technology*, 2001, vol. 33, pp. 533-537
9. Verhoeven, J. C. J., J. K. M. Jansen, R. M. M. Mattheij. Modeling Laser Induced Melting. *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 37, 2003, pp. 419-437

10. Белев, Ив. Т. *Среда за пресмятане на лазерно-индуцирани температурни полета*. Дипломна работа, ТУ, Габрово, 2009
11. Deneva H., A Study on Laser Cutting Process of Lamellae for Rotor and Stator Packages. Disertation 2014, TU - Gabrovo, pp.160
12. <http://www.trumpf-aser.com/en/products/solid-state-lasers/disk-lasers/trudisk.html>

Lyubomir Lazov, Hristina Deneva  
Faculty of Engineering Rēzeknes  
Augstskola,  
Atbrīvošanas aleja 115, Rezekne, Latvia  
Адрес  
E-mail: llazov@abv.bg  
E-mail: hdeneva@abv.bg



## ВАКУУМНА МЕТАЛИЗАЦИЯ НА УЛТРАФИЛТРАЦИОННИ ПОЛИМЕРНИ МЕМБРАНИ – ИЗСЛЕДВАНЕ И ПРИЛОЖЕНИЕ

ВИОЛЕТА СЛАВОВА, НИКОЛАЙ ИВАНОВ, ДИМИТЪР ДЕЧЕВ, ПЕТЪР ПЕТРОВ

**Резюме:** Изследвана е възможността за вакуумна метализация на ултрафилтрационни полимерни мембрани. Проследени са промените в транспортните и селективни характеристики на метализираните мембрани, използвайки постояннотоково магнетронно разпрашване на желязо-хром-никелова сплав. С цел по-добра адхезия между полимерната мембрана и металното покритие е извършена предварителна модификация на полимерната повърхност на мембраната с алкохолен разтвор на  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Доказано е приложението на така метализираните мембрани в процеса диафилтрация с цел повишаване на специфичната ензимна активност на ензима уреаза, извлечен от соево брашно.

**Ключови думи:** Полимерни мембрани, ултрафилтрация, магнетронно разпрашване, желязо-хром-никелова сплав, уреаза, диафилтрация.

## VACUUM METALIZATION OF ULTRAFILTRATION POLYMERIC MEMBRANES – RESEARCH AND APPLICATION

VIOLETA SLAVOVA<sup>1</sup>, NIKOLAY IVANOV<sup>2</sup>, DIMITAR DECHEV<sup>2</sup>, PETAR PETROV<sup>2</sup>

**Abstract:** A research of the possibility for vacuum metallization of ultrafiltration polymeric membranes is conducted. The changes in the transport and selective characteristics of the metalized membranes are tracked through DC magnetron sputtering of iron-chromium-nickel alloy. In order to achieve a better adhesion between the polymeric membrane and the metal coating, a preliminary modification by using alcohol solution of  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  is done to the polymeric surface of the membrane. The application of such metalized membranes is proved in the diafiltration process aiming at the increase of the specific enzyme activity of the urease enzyme extracted from soy flour.

**Key words:** Polymeric membranes, ultrafiltration, magnetron sputtering, iron- chromium-nickel alloy, urease, diafiltration.

### 1. Въведение

Нарастването на производството на метализирани полимери и разширяването на областта на тяхното приложение са продиктувани преди всичко от възможността чрез методите на вакуумна метализация да се получат материали, съчетаващи добрите експлоатационни свойства на металите и полимерите. В процеса на формиране на металното покритие, както и за неговите бъдещи

свойства от значение са редица технологични фактори, по-важни от които са физико-химичното състояние на повърхността на полимера и параметрите на режима на нанасяне на слоя [1].

Целта на метализацията на повърхността на мембраните е да фиксира селективната повърхност след етапа на фазова инверсия и да запази ефективната порова структура за мембранныя процес. Вакуумните методи за

нанасяне на покрития се основават на изпаряване (или катодно разпръскване чрез йонна бомбардировка) на метали и кондензиране на парите на тези метали върху мембраните. Най-общо кондензационният процес протичащ върху мембранната повърхност и формиращ металното покритие може да се разглежда като съставен от следните отделни етапи: образуване на зародиши, нарастване и обединяване на зародишите в острови (първична коалиценция), сливане на отделните островни зърна при допирането им, образуване на „мрежесто“ покритие (вторична коалиценция), образуване на плътно покритие и по-нататъшно нарастване на това покритие [2,3]

Вакуумното метализиране на мембраните има за цел да промени транспортните и селективни характеристики на мембраните, което да ги направи приложими за решаването на конкретни оптимизационни задачи. От друга страна различните технологични режими на вакуумна метализация (времената на експозиция) водят до формиране на метален слой върху полимерната повърхност на мембраната. Този втори, селективен слой е определящ за характеристиките на формираната мембрана. Избраните времена на експозиция имат за цел да създадат метално покритие, което да не изолира селективната мембранна повърхност, а само да подобри нейната устойчивост и придаде нови свойства на мембраните.

## 2. Методи и материали

Мембраните подложени на метализация са получени от 17,25mass% ПАН, 0,25mass% ПВХ, 0,50mass%  $MgSO_4$  по фазово-инверсионния метод [4] и са вакуумно метализирани със сплав X18H9T с времена на разпръскване от 5, 15 и 25s. Мембранната повърхност предварително е активирана с алкохолни разтвори на  $SnCl_2$  [5].

Металните покрития от хром-никелова сплав са отложени върху мембраните чрез метода „постояннотоково магнетронно разпръскване“ във вакуумна инсталация ВУП-5/Русия/, при мощност на постояннотоковия захранващ източник на магнетрона 8kW и плавно изменение на големината на тока от 0 до 10A. Магнетронно разпръскване е извършено от плоска мишена с диаметър 100mm при: разстояние мишена-подложка  $L_M = 180mm$ , специфична мощност на разпръскване  $N_p = 5.4W/cm^2$ , начален вакуум в работната камера  $p_n = 1.10^{-3}Pa$ ; налягане в камерата при отлагане  $p_p = 4.10^{-2}Pa$ ; газова среда от Ag с

чистота 99,99%; време на отлагане на покритията 5, 15, 25s.

За определяне на работните характеристики на метализираните мембрани е използван лабораторен модул „Sartorius“ тип SM-165 Англия. За определяне селективността на мембраните е използван калибрanta „Albumin“ – човешки серум ( $M_M = 76000$ ) на фирма „Fluka“ с концентрация в изходния разтвор 1g/l. Сепариращата способност на мембраната спрямо калибрanta е определена спектрофотометрично при дължина на вълната 280nm на UV/VIS спектрофотометър „Unikam – 8625“ - Франция.

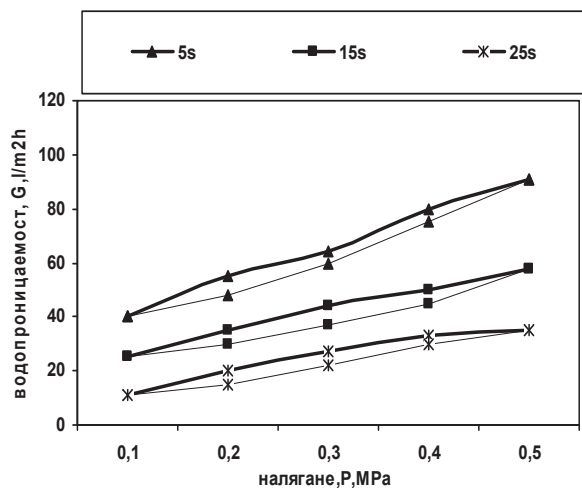
## 3. Резултати и обсъждане

Влиянието на неорганичните соли върху взаимната разтворимост на веществата, в това число и върху разтворимостта на полимерите, отдавна привлича вниманието на изследователите. Обикновено, добавянето на соли води до промяна - понижаване или повишаване на вискозитета на разтворите, чрез промяна на разтварящата способност на разтворителя или чрез създаване на комплекси в системата от типа полимер-неорганична сол-разтворител. Променяйки структурирането в разтвора, солите влияят и на скоростта на утайтелния процес и съответно се формират мембрани с различни транспортни характеристики. За проследяване влиянието на вида на катиона върху структурирането на полимерните разтвори е използван  $MgSO_4$ . Магнезиевата сол е седем хидрат, което затруднява нейното разтваряне в ДМФА при концентрации над 2mass%. Това ограничи максимално използваното количество на солта в полимерните разтвори. При модификация на ПАН с ПВХ и  $MgSO_4$  се получават мембрани с ниска водопроницаемост. Формират се пори с различен размер, което следва от факта, че водопроницаемостта плавно нараства над 0,1MPa, т.е. постепенно се включват в експлоатация пори с по-малък размер.

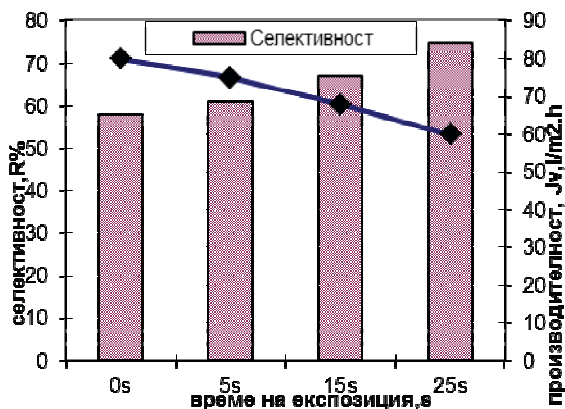
Едно от условията за по-ефективен процес на метализация е предварителната модификация на полимерната повърхност с цел нейното активиране. Поради това предварително са изследвани възможностите за обработка на полимерната структура с различни химически компоненти, като е използван алкохолен разтвор на  $SnCl_2 \cdot 2H_2O$  нар. модифицираща система [6,7,8]. Алкохолните разтвори имат известни предимства, които се състоят в по-лесното им приготвяне и във възможността за едновременно сенсibiliзиране на различни видове полимери. След метализация водопроницаемостта на



мембраните се понижава чувствително(Фиг.1). Причината за това е както предварителната активация на мембранната повърхност, така и времето на отлагане при нанасяне на металното покритие. Този резултат показва убедително, че вакуумното метализиране може да се прилага успешно за корекция на селективния слой на мембранната структура.



Фиг. 1. Водопроницаемости на мембрани със състав 17,25mass% ПАН, 0,25mass% ПВХ, 0,50mass% MgSO<sub>4</sub> първоначално модифицирани с алкохолни разтвори на SnCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O и вакуумно метализирани с X18H9T при времена на отлагане 5, 15, 25s.

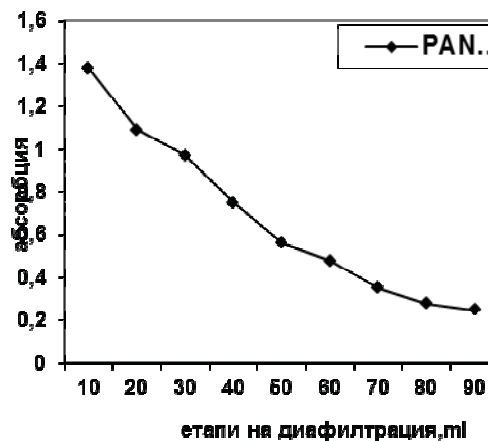


Фиг. 2. Селективности и производителности спрямо Albumin (при 0,3MPa) на полимерни мембрани със състав 17,25mass%ПАН, 0,25mass% ПВХ, 0,50mass%MgSO<sub>4</sub> първоначално модифицирани с алкохолни разтвори на SnCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O, вакуумно метализирани с X18H9T при времена на отлагане 5, 15, 25s.

Вакуумната метализация на мембраните се отразява и върху стойностите на селективността на мембраните спрямо калибранта Albumin (Фиг.2 ). Белтъчните молекули са достатъчно големи (M<sub>w</sub>= 76000 ), че те с успех се задържат както от полимерния слой на мембраната, така и от отложения метален слой. Създадената нова структура е достатъчно порьозна, че да може да влияе само върху водопроницаемостта на процеса с понижаване на дифузионния капацитет. Тази структура на практика повишава турбулентността над мембраната.

Едни от най-съвременните методи за изолиране и пречистване, са мембранните и в частност баромембранните. Те позволяват едновременно осъществяване на процесите при нормални температури, което запазва нативната форма на биологичните продукти.

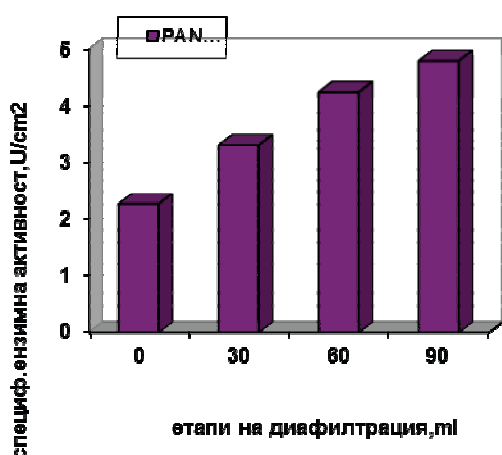
Мембранните технологии заместват класическите методи на разделяне в резултат на простото апаратурно оформление. Тези технологични процеси се осъществяват без фазови преходи и при сравнително ниски температури, при което се запазват нативните характеристики на разделяните компоненти. За изследване промяната на специфичната ензимна активност на ензима уреаза, извлечен от соево брашно в режим на ултрафилтрация са използвани същите мембрани, чиято полимерна повърхност е предварително активирана с алкохолен разтвор на SnCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O и вакуумно метализирана.



Фиг. 3. Емисия на отделни компоненти в процеса диафилтрация, използвайки мембрана вакуумно метализирана с X18H9T с време на отлагане 25s.

На Фиг.3 е представена зависимостта на емисията на отделните компоненти в хода на процеса диафилтрация, при използването на мембрана с горе описания полимерен състав и

време на отлагане 25s. От графичната зависимост се вижда, че първоначално измерената екстинция ( при дължина на вълната 480nm ) на първия етап на процеса , през мембраната са преминали основните количества нискомолекулни компоненти, които са извлечени в процеса на естрахиране на уреазата. В следващите етапи на диафилтрация се осъществява една по-ниска степен на емисионно отделяне, което предполага повишаване активността на уреазата. Получената крайна стойност е показателна за това, че в последния етап на диафилтрацията във филтратата е останал само ензима уреазата. Този факт се потвърждава и от изследване промяната на специфичната ензимна активност на уреазата преди и след процеса на диафилтрация (Фиг.4.)



**Фиг. 4.** Изменение на специфичната ензимна активност на уреазата преди и след диафилтрация, използвайки мембрана вакуумно метализирана с X18H9T с време на отлагане 25s.

С процеса диафилтрация и утаяване се цели да се изолира ензима уреазата от другите ензими, неензимни белтъци и други белтъци, съдържащи се в соевото брашно. В хода на пречистването се увеличава относителния дял на ензимния белтък в общата маса на белтъка, т.е. повишава се неговата специфична активност [8].

#### 4. Изводи

- Доказана е възможността за вакуумно метализиране на полимерни мембрани с различна мембранна повърхност чрез постоянно-токово магнетронно разпрашване и предварителна модификация на полимерната повърхност с алкохолен разтвор на  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

- При постоянно-токово магнетронно разпрашване с нарастване на времето на отлагане от 5 до 25s се понижава водопроницаемостта на мембраните, което предполага наличието на втори селективен слой.
- Установено е положителното влияние на вакуумно метализираните мембрани в процеса диафилтрация на уреазата.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кънев, М. и др. (1986). Вакуумно метализиране, София: Техника.
2. Кънев, М., Узунов, Ц. и Ховсепян, П. (1986) Технологии за нанасяне на покрития, Русе: ВТУ „Ангел Кънчев“
3. Charbonnier, M.M., Romand, M.M. and Goepfert, J.G.(2003) Polymer pretreatments for enhanced adhesion of metals deposited by electroless process, International Journal of Adhesives, vol. 23, Issu 4, p.277.
4. Loeb, S., Sourirajan, S. (1962) Adv.Chem.Ser., 38, p.11.
5. Латуев, В., Ганай, Г. и Денисов, А. (1968). Металлические покрытия химическим способом, Барнаул: Алтайское книжн. Изд.
6. Розовский, Г., Вашкялис, А. и Кимтене, Д. (1967) Защита металлов, с.210
7. Казанова, Е., Китаев, Г., Мокрушин, С. (1961) Коллоид. Ж., 22, 23; Изв. Вузов. Химия и хим технол., 4, 412
8. Steffen, A., Straube, E. (1992) Ultrafiltration membranes for chemical bonding of urease, Biotech. Bioeng., vol.39, pp. 725-731

1) Technical University – Sofia  
College -Sliven  
59 Burgasko Chausse  
8800 Sliven  
BULGARIA

2) Institute of Electronics  
Bulgarian Academy of Science  
72 Tzarigradsko Chausse  
1784 Sofia  
BULGARIA

E-mail: [v\\_slavova@mail.orbitel.bg](mailto:v_slavova@mail.orbitel.bg)  
E-mail: [nick\\_ivanov\\_sl@abv.bg](mailto:nick_ivanov_sl@abv.bg)



## ПОЛУЧАВАНЕ НА ЧИСТ ВОЛФРАМ ЧРЕЗ ЕЛЕКТРОННОЛЪЧЕВО РАФИНИРАНЕ НА ОТРАБОТЕНИ СЪЕДИНЕНИЯ И СПЛАВИ, СЪДЪРЖАЩИ ВОЛФРАМ

ВАНЯ ВАСИЛЕВА, КАТЯ ВУТОВА, МАРИЯ НАПЛАТАНОВА

**Резюме:** Проведени са изследвания и са анализирани и представени резултати за получаване на чист волфрам от отработени материали, съдържащи волфрамови сплави и волфрамов карбид по електроннолъчев метод. Предложени са ефективни технологични схеми за максимално енерго- и материалоспестяващо извличане на волфрам с висока чистота.

**Ключови думи:** електронен лъч, топене, рафиниране, волфрам, примеси

## PURE TUNGSTEN OBTAINING BY ELECTRON BEAM REFINING OF TUNGSTEN SCRAP

VANIA VASSILEVA, KATIA VUTOVA, MARIA NAPLATANOVA

**Abstract:** Investigations are carried out applying electron beam method for obtaining of pure tungsten from scrap containing tungsten alloys and tungsten carbide. The obtained results are systematized and presented in this paper. Effective technological schemes for energy- and material-saving obtaining of tungsten with high purity are proposed.

**Key words:** electron beam, melting, refining, tungsten, impurities

### 1. Въведение

Електроннолъчевото топене (ЕЛТ) като утвърден физичен метод за топене и почистване на материали намира напоследък широко приложение [1-6]. Той осигурява по-висока степен на рафиниране и висока степен на гъвкавост на топлинния източник (голяма енергийна плътност). Тази техника се прилага основно за топене и рафиниране на труднотопими и реактивни метали, като тантал [7,8], ниобий [9], рутений [10], молибден [11], иридий [12], ванадий, титан и негови сплави [13,14]. Този метод има важна роля при производството на свръхчисти материали за мишени за разпръскване и сплави за електрониката [7,10], за рециклиране на скрап от титан и тантал [15], и за почистване на металургичен силиций до силиций за фотоволтаичната индустрия [16-18]. В тази

работа е изследвано рафинирането на отработени материали, съдържащи волфрам.

Волфрамът е от групата на труднотопимите метали и той и негови сплави, съчетават уникални свойства и се използват в различни отрасли на икономиката: в металургията като ценни легиращи елементи, в електрониката, енергетиката и машиностроенето за изработването на контейнери за радиоактивни вещества, във военната промишленост при производството на снаряди, балистични ракети и танкови брони, в самолетната индустрия за изработването на двигатели и др.

На територията на България съществува наличност от отпадъци, съдържащи труднотопими и химически активни при високи температури метали и техни сплави, в частност волфрам и волфрамов карбид. В резултат на

проведено проучване [19,20] е установено, че те са главно под формата на прахове и късове, отпадъци от използвани хирургически инструменти, изхабени твърдосплавни пластини, съдържащи волфрам, отпадъци от металообработващата промишленост, морално остарели и дефектирали електронни елементи, отпадъци от електронната промишленост и електротехниката и др.

В настоящата работа са представени и анализирани резултати и данни от проведени експерименти за електроннолъчево топене и рафиниране (ЕЛТР) на отработени метали и сплави, съдържащи волфрам (парчета от фрези, стругове, сонди и др. металорежещи и металообработващи машини) с цел извличане на волфрам с висока чистота, годен за повторна употреба. Това са главно режещи крайници, парчета и стружки от специални сплави, съдържащи волфрам и отработени изделия от волфрамов карбид. В работата са изследвани факторите, управляващи рафиниращите процеси. Като критерии, оценяващи ефективността за извличане на волфрам при ЕЛТР на отработени материали, съдържащи сплави на волфрам и волфрамов карбид са използвани: степента на рафиниране за всеки изследван технологичен процес за легиращите добавки и металните примеси в рафинирания волфрам и тегловните загуби в процеса на рафиниране за всеки конкретен материал и режим.

## 2. Експериментални изследвания и резултати

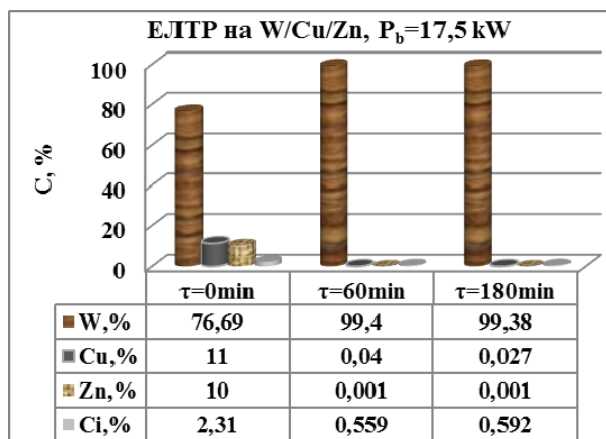
Експериментите са проведени на електроннолъчева инсталация за топене и рафиниране ЕЛИТ-60 в Лаборатория „Физични проблеми на електроннолъчевите технологии” на Института по електроника при БАН. Максималната мощност на използваната електронна пушка е 60 kW, а подаването на изходния материал в зоната на топене е хоризонтално [4,21].

Като изходен материал са използвани образци от отработени материали, съдържащи волфрам с различна концентрация и замърсени с месинг, кобалт, желязо, волфрамов карбид и други метални примеси. Материалите са предварително обработени и подготвени за провеждането на експериментите (обезмаслени, направен е химичен анализ и др.). За всеки конкретен изходен материал са избрани подходящи технологични режими (параметри на ЕЛ процес), съобразени с термодинамичните и кинетични ограничения, зависими от химичния му състав. Химичният състав на образците

преди и след ЕЛТР е определян чрез емисионен спектрален анализ, а тегловните загуби за всеки конкретен експеримент са пресметнати преди и след рафинирането.

### 2.1. Извличане на чист волфрам от отработени материали, замърсени с месинг, кобалт и други метални примеси

Съдържанието на волфрам в изходния материал е 76,69%, а основните замърсители са Cu – 11%, Zn – 10% и Co – 1,25%. За останалите метални примеси (Sn, Ta, Mo, Ti и др.) в изходните проби е измерена концентрация между 3500 ppm и 10 ppm. Добре обезмаслени и изсушени парчетата изходен материал са рафинирани двукратно при общо време за рафиниране 60 min и 180 min. Използваната мощност на електронния сноп при всички технологични режими е 17,5kW, с което се осигурява прегряване на течния метал до 3700K. Направен е химичен анализ на изходния материал и на образците след всяко рафиниране. Получените резултати са представени на Фиг. 1 ( $C_i$  е сумарната концентрация на останалите примеси). При продължителност на рафиниране 60 min е получен волфрам със съдържание 99,4% като е постигната максимална степен на рафиниране  $\eta=75,8\%$ . За основните примеси е постигната степен на рафиниране:  $\eta_{Cu}=99,6\%$ ;  $\eta_{Zn}=99,99\%$  и  $\eta_{Co}=90,6\%$ , съответно.



**Фиг. 1.** Диаграма на концентрационните промени в състава на отработен волфрам с високо съдържание на Cu, Zn и Co при ЕЛТР във вакуум

Анализът на получените резултати показва, че рециклирането на волфрам, замърсен с мед, цинк и кобалт е сравнително бавен процес. Достатъчно ефективното време за рафиниране е 60 min, при което са постигнати максимални стойности както за степента на рафиниране на волфрам (99,4%, Фиг. 1), така и за степента на

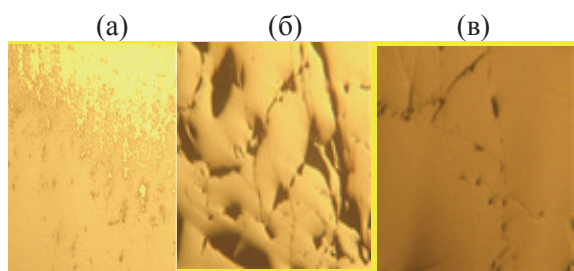


рафиниране на примесите, за които няма термодинамични ограничения за отстраняването им при ЕЛТР [4], като например цинк, мед, калай, кобалт, тантал, хром и титан (Табл. 1). Чрез ЕЛТР на волфрам концентрацията на магнезий остава непроменена, а за концентрацията на примесите силиций, алуминий и молибден се наблюдава дори известно относително повишаване при рафинирането.

**Таблица 1.** Степен на рафиниране  $\eta_i = (C_0 - C) / C_0 \cdot 100\%$  на метални примеси при ЕЛТР на отработен волфрам

$\tau, \text{min}$	Zn	Cu	Sn	Co	Ta	Cr	Ti
60	100	99,6	99,5	90,6	90	66,7	33,3
180	100	99,8	99,5	90,6	90	66,7	33,3

На Фиг. 2 са представени металографски снимки на волфрам преди ЕЛТР и след процесите на рафиниране. В металната матрица на волфрама в изходния материал се наблюдава наличието на още две структурни съставляващи – фази на мед и на цинк. Още след първото рафиниране картината видимо се променя - съдържанието на Cu и Zn значително намалява и се наблюдава структура от оформени волфрамови зърна (Фиг. 2). Независимо от това, че промяната в съдържанието на примесите след второто рафиниране не е чувствителна, то това рафиниране допринася главно за преразпределение на наличните примеси в системата и формиране на по-съвършена метална матрица от пречистения волфрам.

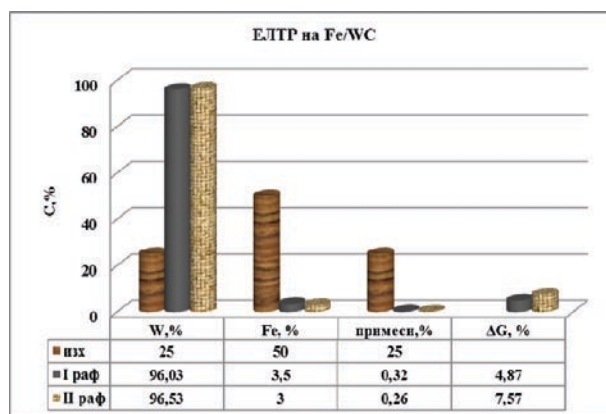


**Фиг. 2.** Структура на волфрам преди и след електроннолъчево рафиниране: (а) изходен материал; (б) еднократно рафиниран; (в) двукратно рафиниран

## 2.2. Извличане на чист волфрам от отработени материали, съдържащи желязо и волфрамов карбид в съотношение Fe/WC 50%/50%

Проведени са две серии експерименти, при които изходен материал със съотношение в съдържанието на желязо и волфрамов карбид

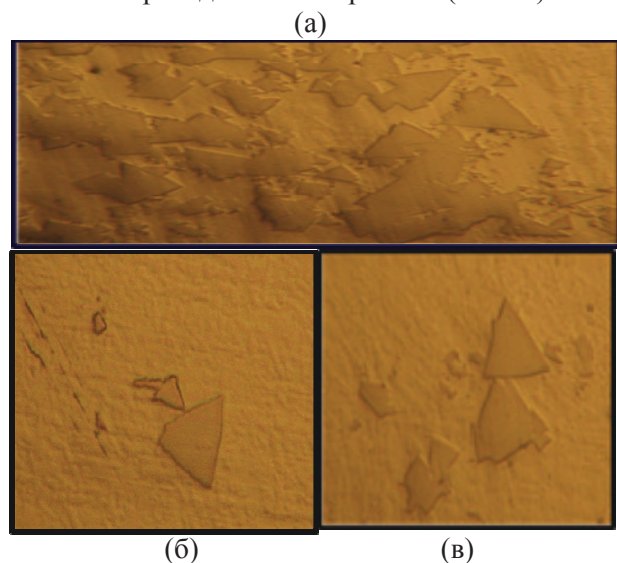
50%/50% е рафиниран еднократно или двукратно. При еднократното рафиниране мощността на електронния сноп ( $P_b$ ) е 12kW и продължителността на рафиниране е  $\tau=15 \text{ min}$ . При двукратното рафиниране продължителността на процеса ( $\tau$ ) за всеки от рафиниращите етапи е по 5 min, а мощността на електронния сноп е  $P_b = 4,8 \text{ kW}$  за първото рафиниране и  $P_b = 7,2 \text{ kW}$  при повторното рафиниране. Контролирани са концентрацията на волфрам и желязо, сумарното съдържание на съпътстващите метални примеси и тегловните загуби. На Фиг. 3 са представени получените резултати след еднократно и двукратно рафиниране на материала. Установено е, че при двукратното рафиниране, независимо от пониските мощности на електронния сноп и по-краткото му въздействие върху метала, е получен волфрам с по-висока чистота. Степента на рафиниране за желязото е също висока (93-94%) и не се влияе от избора на технологична схема при изследваните режими. Концентрацията на съпътстващите метални примеси след ЕЛТР при двата рафиниращи процеса е в границите между 300 ppm и 10 ppm и също не се влияе от избора на технологична схема за рафиниране. Единствено тегловните загуби при двукратното рафиниране са почти два пъти по-високи от тези при еднократното рафиниране.



**Фиг. 3.** Диаграма на концентрационните промени в състава на Fe/WC и на тегловните загуби след еднократно и двукратно ЕЛТР във вакуум

Направен е металографски анализ на образци преди ЕЛТР, след еднократно и след двукратно ЕЛТР във вакуум, на които предварително е определен химичния състав. От металографските снимки, представени на Фиг. 4 се вижда, че в металната матрица на изходния материал са разположени волфрамови карбиди с неправилна ъгловата форма, неравномерно

разпределени в матрицата, което определя микроструктурата като нехомогенна. След ЕЛТР на материала, броят на волфрамовите карбиди видимо намалява и при двете технологични схеми на проведения експеримент (Фиг. 4).



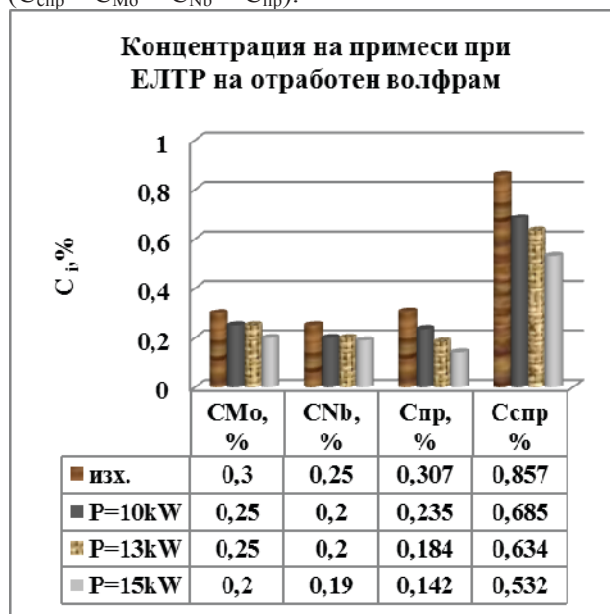
**Фиг. 4.** Структура на материала:  
(а) изходен материал; (б) след еднократно ЕЛ рафиниране; (в) след двукратно рафиниране при различни технологични условия

Анализът на получените резултати показва, че за извличането на волфрам с висока чистота чрез ЕЛТР на отработени материали, съдържащи Fe/WC, енергетично поизгодна и по-ефективна е технологичната схема, включваща двукратно рафиниране при краткотрайно въздействие на електронния лъч с по-ниска мощност.

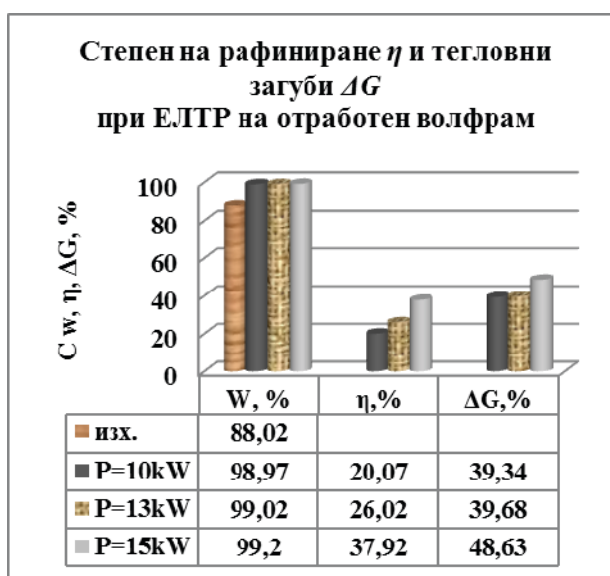
### 2.3. Извличане на чист волфрам от отработени материали, съдържащи волфрамов карбид, молибден и ниобий

Тази серия експерименти са проведени при три различни мощности на електронния сноп: 10, 13 и 15 kW и продължителност на процеса на рафиниране  $\tau = 15$  min. Като изходен материал са използвани парчета отработен материал със съдържание на волфрам 88% и повишено съдържание на волфрамов карбид, молибден и ниобий. На Фиг. 5 са представени измененията в концентрациите на примесите в зависимост от мощността на електронния сноп при изследваните режими. Резултатите показват, че за примесите с високо съдържание (Mo, Nb) в изходния материал степента на рафиниране не зависи от мощността на електронния сноп. Те достигат своята максимална степен на рафиниране още при  $P_b=10$  kW и тя остава непроменена и при по-високи мощности на

електронния сноп. Допълнителното повишаване на мощността, респективно прегряването на течния метал, допринася за изгонването на примесите с по-малко съдържание в изходния метал като C, Ni, Co и Cr, чиято сумарна концентрация  $C_{пр}$  е представена също на Фиг. 5 ( $C_{спр} = C_{Mo} + C_{Nb} + C_{пр}$ ).



**Фиг. 5.** Диаграма на концентрационните промени в състава на отработен волфрам в зависимост от мощността на електронния сноп при ЕЛТР



**Фиг. 6.** Ефективност на рафиниране - степен на рафиниране  $\eta$  и тегловни загуби  $\Delta G$  при ЕЛТР на отработен волфрам

Така общата степен на рафиниране ( $\eta$ ) и чистотата на получения волфрам се повишават при по-високите мощности на електронния сноп (Фиг. 6). При мощност на електронния сноп 15kW степента на рафиниране  $\eta$  е 38%, а

полученият волфрам е с чистота 99,2%. На Фиг. 6 са представени и тегловните загуби, които са отчетени при всеки от изследваните режими.

Максималната степен на рафиниране на контролираните примеси, съдържащи се в изходния материал, е постигната при  $P_b=15 \text{ kW}$  и е между 20% и 60%. Резултатите са представени в Табл. 2.

**Таблица 2.** Степен на рафиниране  $\eta_i=(C_0-C)/C_0 \cdot 100\%$  на примеси при ЕЛТР на отработени материали, съдържащи W, Mo и Nb

	C	Ni	Co	Mo	Si	Nb	Cr
$\eta_{\max} \%$	60	60	44	33	33	24	20

### 3. Заключение

При ЕЛТР на отработени материали, съдържащи волфрам, времето за рафиниране не е от решаващо значение. Оптималното време за достигане на максимална степен на рафиниране при всички изследвани режими е 10-15 минути. Допълнителното задържане на материала в прегрято състояние само допринася за преразпределение и преструктуриране на примесите в основната матрица без да се намалява тяхната концентрация.

За ефективното рециклиране на материали с ниско съдържание на волфрам, подходящ е технологичен режим на двукратно рафиниране при краткотрайно въздействие на електронен сноп със сравнително малка мощност – от 5 до 7 kW.

Получените резултати показват, че рециклирането на отработени материали, съдържащи волфрам и волфрамов карбид по ЕЛ метод е възможно. Извличането на волфрам, който да се използва повторно от местната икономика или да се продава на вътрешния и световен пазар са един добър подход за преработването и повторната употреба на тази категория промишлени отпадъци.

Получените резултати показват, че електроннолъчевият метод за топене и рафиниране е ефективен и важен не само за получаване на чисти метали, но и за извличане на скъпи метали чрез рециклиране на отработени материали, в които се съдържа в ниски концентрации и е замърсен със съпътстващи сплави, съединения и метални примеси.

Полученият чист метал е годен за повторно използване в различни отрасли на икономиката - металургия, енергетика, електроника, медицина и др.

Тези резултати са добра основа за иновационен трансфер и специализирани приложения на получаваните научни и научно-приложни резултати в практиката.

### 4. Благодарности

Проведените изследвания и публикуването на резултатите са реализирани по проект ВIn-5/2009, финансиран от Фонд „Научни изследвания“.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Choudhury, K. and Hengsberger, E. (1992). Electron beam melting and refining of metals and alloys. *ISIJ. Int.*, (32), 673–681.
2. Bakish, R. (1998). The substance of a technology: Electron-beam melting and refining. *J. Min. Metall. Mater. S.*, (50), 28–30.
3. Vassileva, V., Mladenov, G., Vutova, K., Nikolov, T., and Georgieva, E. (2005). Oxygen removal during electron beam drip melting and refining. *Vacuum*, (77), 429-436.
4. Mladenov, G., Koleva, E., Vutova, K., and Vassileva, V. (2011). Experimental and theoretical studies of electron beam melting and refining. In M.Nemtanu, M.Brasoveanu (eds.), *Practical Aspects and Applications of Electron Beam Irradiation*, 43-93. Transworld Research Network, India.
5. Tan, Y. and Shi, S. (2013). Progress in research and development of electron beam technology in metallurgy refining field. *Cailiao Gongcheng/Journal of Materials Engineering*, (8), 92-100.
6. Zhang, T., Shang, Z., Chen, M., He, J., Lv, B., Wang, X., and Xiong, X. (2014). High-purity nickel prepared by electron beam melting: Purification mechanism. *Metallurgical and Materials Transactions B: Process Metallurgy and Materials Processing Science*, 45 (1), 164-174.
7. Choi, G.S., Lim, J.W., Munirathnam, N.R., Kim, I.H., and J.S. Kim. (2009). Preparation of 5N grade tantalum by electron beam melting. *J. Alloys Compd.*, (469), 298–303.
8. Oh, J.-M., Lee, B.-K., Choi, G.-S., Kim, H.-S., and Lim, J.-W. (2013). Preparation of ultrahigh purity cylindrical tantalum ingot by electron beam drip melting without sintering process. *Materials Science and Technology (UK)*, 29 (5), 542-546.
9. Choi, G.S., Lim, J.W., Munirathnam, N.R., and Kim, I.H. Purification of niobium by multiple electron beam melting for superconducting RF cavities. *Metall. Mater. Int.*, (15), 385–390.

10. Oh, J.M., Lee, B.K., Park, H.K., and Lim, J.W. (2012). Preparation and purity evaluation of 5N-grade ruthenium by electron beam melting. *Metall. Trans.*, (53), 1680–1684.
11. Mushegyan, V.O. (2011). Electron-beam melting with an intermediate container as an efficient way for the improvement of the mechanical properties of molybdenum. *Russian Metall.*, (2011), 522–525.
12. Ohriner, E.K. (2008). Purification of iridium by electron beam melting. *J. Alloys Compd.*, (461), 633–640.
13. Mitchell, A. (1999). The electron beam melting and refining of titanium alloys. *Mater. Sci. Eng. A*, 263 (2), 217–223.
14. Karlsson, J., Snis, A., Engqvist, H., and Lausmaa, J. (2013). Characterization and comparison of materials produced by ElectronBeam Melting (EBM) of two different Ti-6Al-4V powder fractions. *J. Mater. Process. Technol.*, (213), 2109–2118.
15. Vutova, K., Vassileva, V., Koleva, E., Georgieva, E., Mladenov, G., Mollov, D., and Kardjiev, M. (2010). *J. Mater. Process. Tech.*, (210), 1089–1094.
16. Ikeda, T. and Maeda, M. (1992). Purification of metallurgical silicon for solar-grade silicon by electron beam button melting. *ISIJ. Int.*, (32), 635–642.
17. Jiang, D.C., Tan, Y., Shi, S., Dong, W., Gu, Z., and Guo, X.L. (2012). Evaporated metal aluminium and calcium removal from directionally solidified silicon for solar cell by electron beam candle melting, *Vacuum*, (86), 1417–1422.
18. Lee, J.-K., Lee, J.-S., Jang, B.-Y., Kim, J.-S., Ahn, Y.-S., and Cho, C.-H. (2013). Directional Solidification Behaviors of Polycrystalline Silicon by Electron-Beam Melting. *Japanese Journal of Applied Physics*, 52 (10 PART2), art. no. 10MB09, <http://dx.doi.org/10.7567/JJAP.52.10MB09>.
19. Младенов, Г., Вутова, К., Василева, В., Георгиева, Е., Петров, Е., Панков, В., и Петров, Д. (2012). Регенериране на отпадъци от труднотопими и реактивни метали и техните сплави по електроннолъчев метод. Проучване на наличните количества скрап от труднотопими и реактивни метали и на пазара. Икономическа ефективност и екологичен ефект от рециклирането на отпадъците, В К.Вутова (ред.), *Получаване на нови материали чрез рециклиране на отпадъци от реактивни и труднотопими метали по електроннолъчев метод*, 9-20. ИЕ-БАН, София.
20. Vutova, K., Donchev, V., Vassileva, V., Koleva, E., and Mladenov, G. (2013). Regeneration of materials by electron beam melting and refining of refractory metals and alloys in vacuum. In Ch.Ghelev and N.Guerassimov (eds.), *Institute of electronics Annual Report 2012*, 91-96. IE-BAS, Sofia.
21. Vassileva, V., Vutova, K., Mladenov, G., and Koleva, E. (2011). Investigation of tantalum recycling by electron beam melting method. *Fundamental Science and Applications*, 16 (2), 263-268.

Laboratory “Physical problems of Electron Beam Technologies”,  
Institute of Electronics, BAS  
72 Tzarigradsko shosse blvd.  
1784 Sofia, Bulgaria  
E-mail: vvvania@abv.bg  
E-mail: vutova@ie.bas.bg ; katia@van-computers.com  
E-mail: izum@abv.bg





## ИЗМЕРВАНЕ НА ДЕБЕЛИНАТА НА НАНОКОМПОЗИТНИ ГРАДИЕНТНИ И МНОГОСЛОЙНИ СВРЪХТВЪРДИ ПОКРИТИЯ ЧРЕЗ КАЛОТЕСТЕР

ВИКТОР КОПАНОВ, ЛИЛЯНА КОЛАКЛИЕВА

**Резюме:** При градиентните и многослойните свръхтвърди покрития е особено важно да се измери дебелината на съставните слоеве, тъй като те са определящи за свойствата на покритието като цяло. При градиентните слоеве се наблюдава плавна промяна на състава с цел придобиване на точно определени свойства. При многослойните покрития всеки слой от периода осигурява определени свойства на покритието. Освен за определяне на дебелина на покрития, методът на въртящата се сфера се използва успешно за анализ на износоустойчивостта на тънките покрития.

**Ключови думи:** дебелина на покритието, градиентни свръхтвърди покрития, многослойни свръхтвърди покрития, адхезия, устойчивост на износване

## THICKNESS MEASUREMENT OF NANOCOMPOSITE GRADIENT AND MULTILAYER SUPERHARD COATINGS USING CALOTEST

VIKTOR KOPANOV, LILYANA KOLAKLIEVA

**Abstract:** It is known that the thickness measurement of the compound layers has a great importance for nanocomposite gradient and multilayer superhard coatings characterization, because of their influence on the coating properties. Typically, the composition of the nanocomposite gradient coatings is changed gradually to achieve desired properties. From the other side, in multilayer superhard coatings each layer from the period provides specific properties of the coating. Besides, the coating thickness measurement, the so called “calotest” is extremely useful for thin coating wear resistance characterization.

**Key words:** coating thickness, nanocomposite gradient superhard coatings, multilayer superhard coatings, adhesion, wear resistance

### 1. Въведение

При градиентните и многослойните покрития е особено важно да се измери дебелината на съставните слоеве, тъй като те са определящи за свойствата на покритието като цяло. При градиентните слоеве се наблюдава

плавна промяна на състава с цел придобиване на точно определени свойства. При тях се реализира преход от един съставен слой към друг с плавна промяна на концентрацията на въведен нов елемент до достигане на нов състав на слоя, гарантиращ зададените свойства. Например градиентно свръхтвърдо

нанокомпозитно покритие TiAlSiN се състои от титанов подслой, осигуряващ адхезия към подложката, след което се израства слой от титанов нитрид до достигането на стехиометричен състав. Този слой от TiN осигурява плавен преход между адхезионния слой и нанокомпозитния слой, даващ свръхтвърдост на покритието от порядъка на 48 GPa [1].

При многослойните покрития всеки слой от периода осигурява определени свойства на покритието. Поради това е важно да се знае неговата дебелина, която може да варира в зависимост от това върху кое свойство се акцентира – по-висока твърдост или еластичност или оптимално съотношение между тях.

Методът на сферичното износване на покритието е бърз и лесен за реализация метод при анализ на дебелината както на еднослойни, така и на многослойни покрития [2]. Този метод е широко използван за определяне дебелината на покрития, варираща от 0,1 до 50  $\mu\text{m}$ . Посредством него могат да се изпитват покрития, получени чрез CVD, PVD, плазмено разпръскване, покрития, получени вследствие на окислително анодиране, химично или галванично разлагане, полимерни покрития, лакобояджийски покрития. Освен за определяне на дебелината, методът на въртящата се сфера се използва успешно и за анализ на износоустойчивостта на тънките покрития [3], [4].

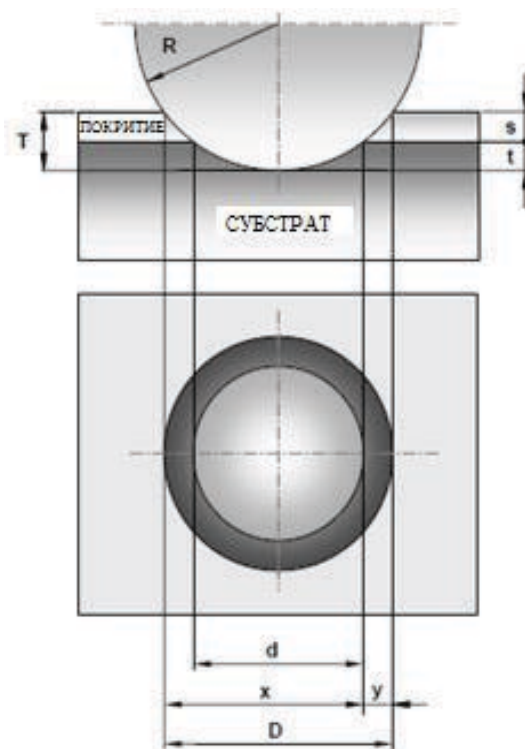
Физически методът на въртящата се сфера се основава на образуването на отпечатък от износване с определена дълбочина вследствие въртеливото движение на стоманена сфера по повърхността на изпитвания образец в присъствие на абразивен агент с подходящите свойства. Последващият оптичен и геометричен анализ и математични пресмятания дават необходимата информация за дебелината на съставните слоеве при градиентно покритие или за дебелина на слоевете от периода при многослойното покритие.

## 2. Теоретични основи на измерването и геометричен анализ

Фигура 1. представя основните величини, използвани при определяне на дебелината на покритието [5]. Ако  $s$  е общата дебелина на покритието:

$$s = T - t \quad (1),$$

а  $T$  е общата дълбочина на сферичното износване:



Фиг. 1. Схема на взаимодействието на въртящата се сфера и отпечатъка от износването на покритието.

$$T = R - \left( \frac{1}{2} \sqrt{4R^2 - D^2} \right) \quad (2),$$

то  $t$  е дълбочина на износването в субстрата:

$$t = R - \left( \frac{1}{2} \sqrt{4R^2 - d^2} \right) \quad (3)$$

Тогава уравнение (1) приема следния вид:

$$s = \frac{1}{2} \left( \sqrt{4R^2 - d^2} - \sqrt{4R^2 - D^2} \right) \quad (4)$$

За тънки слоеве дълбочината на износване е малка в сравнение с радиуса на сферата  $R$ . Поради това уравнението може да се представи в следния вид:

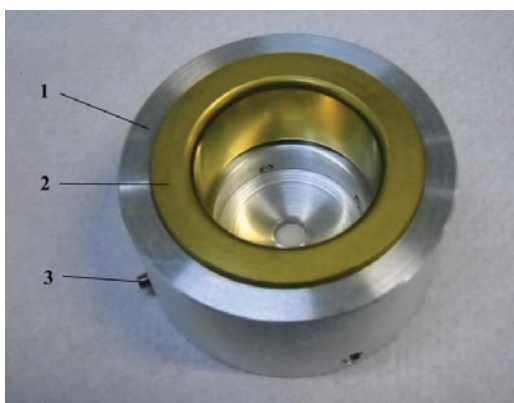
$$s = \frac{D^2 - d^2}{8R} \quad (5)$$

или ако заместим  $D = x + y$  и  $d = x - y$ , за дебелината се получава:

$$s = \frac{xy}{2R} \quad (6)$$

### 3. Описание на калотестера, принцип на работа

Разработен и изработен е компактен калотестер за експресен анализ на дебелини на покрития. Той се състои от корпус (Фиг. 2.) и стоманена сфера. Задвижването на стоманената сфера се извършва ръчно, като образецът се поставя в гнездото, изработено в корпуса на калотестера и се застопорява неподвижно посредством четири броя винтове. Преди поставянето на стоманената сфера в направляващата втулка върху повърхността на образца се нанася малко количество диамантена суспензия (Фиг. 3). След поставянето на стоманената сфера, ръчно се извършва въртеливо движение, което води до образуване на сферично износване на покритието и част от субстрата. Корпусът на калотестера е изработен от алуминиева сплав Д16Т, като в него е запресована стоманена направляваща втулка. Стоманената сфера е с диаметър 30 mm. За абразивен агент се използва диамантен спрей с гарантиран диаметър на частиците 0,25  $\mu\text{m}$ .



Фиг. 2. Общ вид на калотестера:

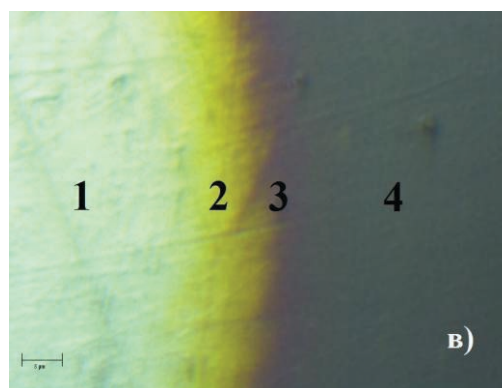
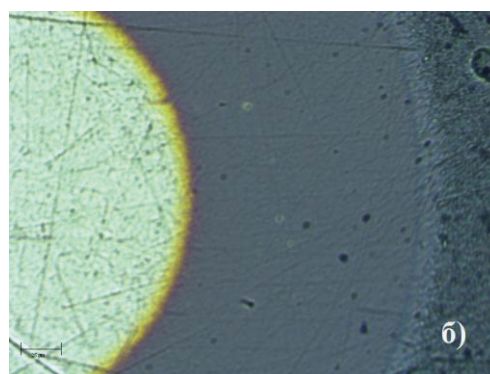
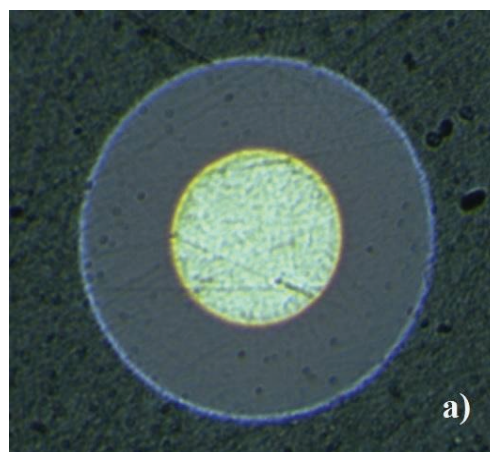
1 – корпус; 2 – направляваща втулка; 3 – застопоряващ винт.



Фиг. 3. Общ вид на различни корпуси за калотест, стоманени сфери, образци и флакон диамантен спрей.

### 4. Резултати

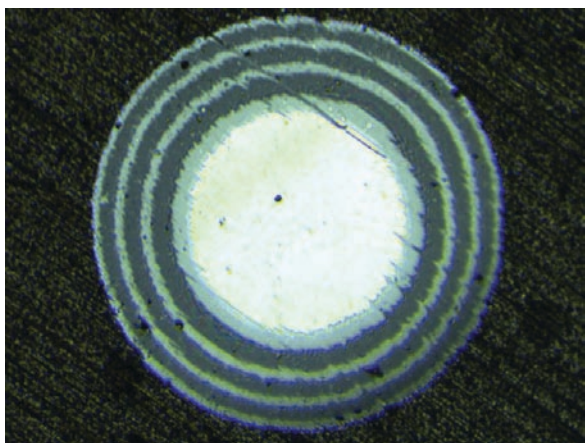
Приложението на компактният калотестер е илюстрирано с измерване на дебелината на градиентно свръхтвърдо нанокompозитно покритие TiAlN/SiN и мултислоенно свръхтвърдо нанокompозитно покритие CrAlSiN/AlSiN. На Фиг. 4 е представено изображение на сферично износване на градиентно свръхтвърдо нанокompозитно покритие TiAlN/SiN, получено чрез CCD камера.



Фиг. 4. Изображение на сферично износване на градиентно свръхтвърдо нанокompозитно TiAlN/SiN покритие при различно увеличение: а) 5x; б) 20x и в) 100x (1 – субстрат; 2 – преходен слой от титанов нитрид; 3 – преходен слой с алуминий; 4 – нанокompозитно покритие).



Съставните слоеве се виждат с различно оцветяване като слой 2 съответства на TiN, следващият слой (3) е градиентният, който осъществява плавно преход от стехиометричен TiN към твърд разтвор TiAlSiN и след това нанокompatитния TiAlN/SiN (4), на който се дължи свръхтвърдостта от 48 GPa. След измерване на диаметъра на сферичното износване при подходящо оптично увеличение, по формула (5) се пресмята дебелината на съставните слоеве и на покритието като цяло. Така, за дебелината на градиентното нанокompatитно покритие TiAlN/SiN са получени  $D = 0,601 \text{ mm}$  и  $d = 0,282 \text{ mm}$ . Замествайки тези стойности във формула (5), при  $R = 15 \text{ mm}$ , получаваме  $s = 2,35 \text{ }\mu\text{m}$ . След аналогични пресмятания можем да изчислим и дебелината на градиентния слой с алуминий, за която се получава  $s = 36 \text{ nm}$ . За дебелината на слоя от титанов нитрид изчисленията показват  $s = 102 \text{ nm}$ .



**Фиг. 5.** Изображение на сферично износване на многослойно свръхтвърдо нанокompatитно покритие CrAlSiN/AlSiN, 5x

На Фиг. 5 е представено изображението от сферичното износване на многослойното свръхтвърдо нанокompatитно покритие CrAlSiN/AlSiN. Тук светлите пръстени съответстват на подслоя CrAlSiN, а тъмните – на AlSiN. За изчисляване на дебелината на това покритие са измерени стойностите  $D = 0,898 \text{ mm}$ ,  $d = 0,209 \text{ mm}$ . След пресмятания по формули (5) и (6) получаваме за общата дебелина на покритието  $4,8 \text{ }\mu\text{m}$ . Съответно можем да изчислим и дебелините на всеки подслой. Замествайки измерените стойности във формула (6), получаваме съответните дебелини на слоевете, подредени в последователност от повърхността на покритието към субстрата съответно:  $46 \text{ nm}$ ,  $96 \text{ nm}$ ,  $48 \text{ nm}$ ,  $89 \text{ nm}$ ,  $49 \text{ nm}$ ,  $92 \text{ nm}$ ,  $61 \text{ nm}$ .

## 5. Заключение

Разработеният и изработен компактен калотест може да се прилага успешно за определяне на дебелините на различни покрития, нанесени чрез най-използваните PVD методи, а именно – електродъгово изпарение във вакуум и магнетронно разпръскване. Ръчното задвижване и опростената конструкция го правят лесен за изработване и удобен за поддръжка в сравнение с приборите с електрическо задвижване, без това да се отразява на качеството на провеждания тест. Високата точност при изработването на детайлите на прибора и подбора на подходящ диаметър на частиците на абразивния агент допринасят за високото качество на оптичното изображение на сферичното износване. Това от своя страна способства за по-малка грешка при определянето на геометричните параметри и оттук – по-голяма точност на измерването.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Cholakova, T., Chitanov, V., Chaliampalias, D., Kolaklieva, L., Kakanakov, R., Bahchedjiev, Ch., Petkov, N., Pashinski, Ch., Vourlias, G., Vouroutzis, N., Polychroniadis, E., Wang, Y., Meletis, E. I. (2014). Study of the structural and mechanical properties of nanocrystalline TiAlSiN gradient coating. *Journal of Nano Research*, volume (27), 15-24.
2. Warcholinski, B., Gilewicz, A. (2011). Multilayer coatings on tools for woodworking. *Wear*, volume (271), 2812-2820.
3. Zyumbilev, A., Rushev, D. (2011). Geometrical and force analysis of a coatings test-bed. *Journal of the Technical University Sofia, branch Plovdiv "Fundamental Sciences and Applications"*, volume (16), 61-64.
4. Mo, J. L., Zhu, M. H., Leyland, A., Matthews, A. (2013). Impact wear and abrasion resistance of CrN, AlCrN and AlTiN PVD coatings. *Surface & Coatings Technology*, volume (215), 170-177.
5. Calotest®, Руководство пользователя, [www.csm-instruments.com](http://www.csm-instruments.com)

Контакти  
Централна Лаборатория по Приложна  
Физика, БАН  
Адрес: 4000 Пловдив,  
бул. Санкт Петербург № 61.  
E-mail: viktorkopanov@abv.bg  
E-mail: ohmic@mbox.digsys.bg





## ПАРАМЕТРИЧНА ОПТИМИЗАЦИЯ НА ЕЛЕКТРОННОЛЪЧЕВО ТОПЕНЕ И РАФИНИРАНЕ НА ТИТАН

ЕЛЕНА КОЛЕВА<sup>1,2</sup>, ЛИЛЯНА КОЛЕВА<sup>2</sup>

**Резюме:** В настоящата работа е разгледано оптимизирането на процеса на рафиниране на титан при електронно-лъчево топене чрез коефициент на пречистване на примеси във вакуум на база на експериментални данни. Отчетено е влиянието на изменението на параметрите на процеса мощност на електронния лъч, скорост на топене и време на рафиниране върху остатъчните концентрации на примеси и материалните загуби. Оценени са регресионни модели за коефициента на пречистване на всеки един от примесите и за материалните загуби, на база на които е направена многокритериална параметрична оптимизация на процеса електронно-лъчево топене и рафиниране.

**Ключови думи:** параметрична оптимизация, електронно-лъчево топене и рафиниране, коефициент на пречистване, титан

## PARAMETER OPTIMIZATION OF ELECTRON BEAM MELTING AND REFINING OF TITANIUM

ELENA KOLEVA<sup>1,2</sup>, LILIJANA KOLEVA<sup>2</sup>

**Abstract:** In this work the optimization of the process of refining titanium at electron beam melting using purification coefficient of impurities in vacuum based on experimental data is reviewed. The influence of the variations in the process parameters - power of the electron beam, melting rate and time on refining – on the residual concentrations of impurities and the material losses is considered. Regression models for the purification coefficients of each impurity and the material losses are estimated and they are implemented for performing multi-criteria parameter optimization of the electron beam melting and refining process.

**Key words:** parameter optimization, electron beam melting and refining, purification coefficient, titanium

### 1. Въведение

Електронно-лъчевото топене във вакуум е един от основните методи в специалната електрометалургия за рафиниране на труднотопими (волфрам, молибден, ванадий, тантал и др.) и химически активни при високи температури материали и сплави (като титан, хафний и цирконий). Страните, където се конструира и се наблюдава успешна експлоатация на оборудване, предназначено за електроннолъчево топене и рафиниране, са

САЩ, Русия, Украйна, Германия и др. както и страни с развиваща се атомна енергетика и аерокосмическа промишленост (Китай, Индия и др.). За страни като България, които не произвеждат тези метали поради липса на суровини, е от особено значение рафинирането на отпадъци от тези метали.

За получаването на чисти и еднородни по състав и структура метали с добри физико-механични свойства е необходимо разработването на оптимална технология за

електронно-лъчево топене и рафиниране (ЕЛТР) при всеки един материал. Тази оптимална технология се основава на знанията за температурните разпределения в претопени и отлети слитъци, на процесите свързани с движение на частиците в течния метал (конвекция), химичните реакции и изпарението на материал и примеси по време на ЕЛТР [1,2,3].

Цел на металургичния процес ЕЛТР е премахването на металните примеси и намаляването на неметалните компоненти, които се съдържат в обработвания във вакуум материал. Действителното съотношение повърхност към обем контролира ограниченията на това отстраняване чрез изпаряване от повърхността на втечнения метал и процеса на масов пренос в рамките на разтопения метален слой на предната повърхност на подавания материал или чрез втечнения басейн на кристализиращия слитък.

Пречистването [4] на претопеният метал по отношение на силно летливи компоненти е в резултат на относителните разлики в парциалните налягания на основният метал и съответния компонент или съединение. По време на първите етапи на процеса на рафиниране, химическата активност на компонентите също е от голямо значение.

Основните процеси на рафиниране са:

- Дегазация – изпарение на примеси с парциално налягане по-високо от това на обработвания материал;
- Дестилация – изпарение на летливи съединения на металните примеси, както и част от основния материал с парциално налягане по-високо от това на обработвания материал.

## 2. Степен на рафиниране и материални загуби

Нивото на рафиниране на основният метал, от примеси, чрез електронен лъч във вакуум, може да се опише чрез коефициента на пречистване  $\alpha$  [5]:

$$\alpha = \frac{p_2^0}{p_1^0} \sqrt{\frac{M_1}{M_2}}, \quad (1)$$

където  $\gamma$  е коефициент на активация,  $p_1^0$  и  $p_2^0$  - парциално налягане на основният метал и на примеса,  $M_1$  и  $M_2$  - са молекулните маси на основният метал и на примеса. Коефициентът на пречистване  $\alpha$  зависи от температурата на течния метал.

Уравнението, което дава връзката между степента на пречистване на метала от примеси и загубата на тегло на основният компонент е:

$$\lg \frac{N_2}{N_2^0} = (\alpha - 1) \lg \frac{W_1}{W_1^0} \quad (2)$$

където  $N_2^0$  и  $N_2$  са концентрациите на примеса, съответно преди и след електроннолъчевото рафиниране,  $W_1^0$  и  $W_1$  - теглото на основният метал преди и след електроннолъчевото рафиниране.

## 3. Описание на експеримента

Проведен е експеримент на електронно-лъчево топене и рафиниране (ЕЛТР) на титан [4], при който са изследвани измененията на примесите кислород, алуминий, желязо, ванадий, силиций, манган, никел, хром, калций и мед при различни стойности на параметрите на процеса:  $\tau$  - време на рафиниране,  $P$  – мощност на електронния лъч и  $v_c$  скорост на топене. Електронно-лъчевото топене и рафиниране (ЕЛТР) на титан е осъществено на 60 kW инсталация ELIT-60 с хоризонтално захранване. Методът на топене, който е реализиран е капково топене във водоохлаждаем кристализатор с диаметър 60 мм. Вакуумното налягане в камерата е в диапазона  $5-8 \times 10^{-3}$  Pa. Измерена е и повърхностната температура в кристализатора с помощта на оптически пирометър. Тя е в диапазона 2370-2670 K. Изходната суровина, която е използвана, е под формата на титанови прътове с диаметър 45 мм.

Таблица 1 съдържа обобщена информация за изследваните фактори, влияещи на концентрациите на примесите в титана след електронно-лъчевото топене. Тя съдържа тяхната размерност, означенията, които се използват в регресионните модели в кодиран вид, минималните и максималните им стойности.

**Таблица 1.** Области на изменение на факторите и означенията им

Фактор	Размерност	Кодирани фактори	$Z_{\text{MIN}}$	$Z_{\text{MAX}}$
$P$	kW	$x_1$	11.25	18.75
$V_c$	mm/s	$x_2$	0.05	0.15
$\tau$	min	$x_3$	2.78	11.85

В Таблица 2 е даден планът на експеримента, който съдържа информация за промяната на изследваните параметри на процеса (фактори), влияещи на концентрациите на примесите в титана след електронно-

лъчевото топене, както и стойностите на материалните загуби:

$$W^{\text{loss}} = [(W_1^0 - W_1) / W_1^0] * 100\% \quad (3)$$

**Таблица 2.** План на експеримента

№	P	v <sub>c</sub>	τ	Загуби (W <sup>loss</sup> )
	kW	mm/s	min	%
1	11.25	0.05	11.85	2.28
2	11.25	0.10	5.68	0.96
3	11.25	0.15	4.95	1.20
4	15.00	0.05	10.45	3.06
5	15.00	0.10	4.54	0.29
6	15.00	0.15	2.78	1.13
7	18.75	0.05	9.98	4.15
8	18.75	0.10	4.50	2.32
9	18.75	0.15	3.32	3.85

#### 4. Коефициент на пречистване – емпирични модели

В Таблица 3 са показани стойности за коефициента на пречистване α<sub>exp</sub> на база експериментално получените данни за материалните загуби и началните и крайни концентрации на съответните примеси (ур. 2).

Получените резултати показват, че концентрацията на някои от примесите: O, Cr, Ca, Cu са значително по-малки, спрямо първоначалната им концентрация. Вижда се още, че V и Si не се рафинират. Рафинирането

на Fe, Al и Ni е трудно, поради термодинамичните граници в самият процес на рафиниране, в следствие, на което техните концентрации слабо намаляват. Въпреки това даже и при елементите, които се рафинират трудно, се наблюдават и параметри на процеса електронно-лъчево топене, при които рафинирането е значително. Класификация на рафинирането в зависимост от стойностите на коефициента на пречистване и на материалните загуби е дадена в Таблица 4.

Коефициентът на пречистване на даден примес би могъл да бъде определен и чрез коефициента му на активация, парциалното налягане на основният метал и на примеса, които зависят от температурата на течния метал, и молекулните маси на основният метал и на примеса (ур. 1).

Оценени са регресионни модели за зависимостите на коефициентите на пречистване на отделните елементи, както и на материалните загуби, в зависимост от параметрите на процеса електронно-лъчево топене. Те са дадени в Таблица 5, заедно с коефициентите на детерминация R<sup>2</sup> и R<sup>2</sup><sub>(adj)</sub>, които са мерки за точността на модела.

Параметърът на процеса време на рафиниране (или времето, в което материалът се намира в течно състояние) не е независим, той се определя еднозначно другите два параметъра – мощност на електронния лъч и скорост на топене.

**Таблица 3.** Експериментално получени стойности за α<sub>exp</sub>

	O	Al	V	Fe	Si	Mn	Ni	Cr	Ca	Cu
1	46,88	18,56	1	1	1	23,12	14,43	58,25	40,68	53,14
2	161,27	43,06	1	1	1	54,00	15,85	122,13	96,06	72,91
3	95,02	34,46	1	24,74	1	43,15	22,92	91,65	100,35	133,80
4	27,45	14,06	1	6,87	1	17,46	10,99	43,58	30,52	39,79
5	287,23	142,36	1	64,56	1	179,09	64,56	525,38	420,75	562,11
6	110,53	16,98	1	26,22	1	45,78	20,56	103,35	106,54	81,32
7	31,57	5,30	1	3,05	1	13,04	5,30	36,44	22,59	38,93
8	68,24	18,30	1	1,41	30,56	22,79	10,52	57,37	40,08	52,35
9	33,42	5,64	1	5,64	18,65	14,06	7,75	32,63	24,34	31,66

**Таблица 4.** Класификация на ефективността на процеса на рафиниране

Стойност на α <sub>exp</sub>	Ефективност на процеса на рафиниране на Ti	Примеси
<1	Няма рафиниране	V, Si
1..30	Незначително рафиниране	Si, Fe, Al и Ni, Mn, Ni, Ca
30..100	Значително рафиниране при загуби на основния метал от 10-15%	O, Cr, Ca, Cu, Al, Fe, Mn, Ni
>100	Значително рафиниране при загуби на основния метал <5%	O, Cr, Ca, Cu, Al, Mn

Таблица 5. Класификация на ефективността на процеса на рафиниране

Парам.	Регресионни модели	R <sup>2</sup> %	R <sup>2</sup> <sub>(adi)</sub> %
$\alpha_{exp}$ (O)	$283.46 - 147.6x_2 - 240.78x_2^2 + 340.78x_1^2x_3 - 224.18x_2^2x_3 + 247.06x_1^2x_2$	98.3	95.6
$\alpha_{exp}$ (Al)	$355.51 + 458x_2 - 107.357x_1^2 - 256.41x_2^2 + 146.705x_1^2x_3 + 190.95x_2^2x_3 + 204.06x_3^2x_1 + 350x_3$	99.9	98.9
$\alpha_{exp}$ (Fe)	$133.969 + 58.0615x_2 - 50.1617x_1^2 + 19.5458x_2^2 - 186.215x_3^2 - 64.8682x_1x_3 + 92.5691x_1^2x_3 + 16.08x_3^2x_1$	100.0	100.0
$\alpha_{exp}$ (Si)	$- 353.51 - 107.31x_1 - 442.29x_2 - 581.22x_3 + 72.159x_1^2 + 526.51x_2^2 - 96.064x_1x_3 + 310.14x_2x_3$	99.9	99.1
$\alpha_{exp}$ (Mn)	$- 86.87 - 33.01x_1 - 353.39x_2 - 435.6x_3 + 64.54x_1^2 + 51.4x_2^2 + 266.15x_1^2x_2 + 311.61x_1^2x_3$	99.8	98.4
$\alpha_{exp}$ (Ni)	$245.24 + 27.938x_1 + 254.43x_2 + 295.9x_3 - 63.136x_1^2 - 183.91x_2^2 + 64.829x_1^2x_3 + 60.14x_3^2x_1$	99.4	95.3
$\alpha_{exp}$ (Cr)	$2054.92 + 209.88x_1 + 2143.58x_2 + 2505.29x_3 - 524.69x_1^2 - 1595.67x_2^2 + 598.07x_1^2x_3 + 618.38x_3^2x_1$	100.0	99.6
$\alpha_{exp}$ (Ca)	$33.24 - 15.032x_1 - 486.12x_2 - 634.74x_3 + 65.79x_1^2 + 74.03x_2x_3 + 544.26x_1^2x_2 + 696.7x_1^2x_3$	99.9	99.5
$\alpha_{exp}$ (Cu)	$- 108.64 - 22.08x_1 - 906.21x_2 - 1098.07x_3 + 173.01x_1^2 + 928.75x_1^2x_2 + 1103.0x_1^2x_3$	99.0	95.8
$W^{loss}$	$2.71 + 1.48x_1 + 2.39x_2 + 3.97x_3 - 2.39x_1^2x_3 + 1.34x_2^2x_1 - 0.882x_1^2x_2 - 2.34x_3^2x_1$	100.0	100.0

Скоростта на топене се задава чрез скоростта на подаване на заготовките или скоростта на изтегляне на кристализация блок. Това от своя страна е свързано с геометричните размери на заготовките и кристализатора на инсталацията за електроннолъчево топене, както и с мощността на електронния сноп и материала, който се рафинира. Връзката между параметрите на процеса при направения експеримент е:

$$x_3 = -0.64719 - 0.172x_1 - 0.78023x_2 + 0.1742x_1^2 + 0.51047x_2^2$$

Означенията  $x_1$  и  $x_2$ , както в това уравнение, така и в уравненията в таблица 5, представляват кодираните в диапазон от -1 до 1 стойности на параметрите на процеса от експерименталните им диапазони (Таблица 1). Връзката на натуралните ( $z_i$ ) и кодираните ( $x_i$ ) стойности се определят от:

$$x_i = \frac{2z_i - (z_{i,max} + z_{i,min})}{z_{i,max} - z_{i,min}}$$

### 5. Оптимизация

Оценените модели са използвани за установяване на параметрите на процеса, при които има едновременно максимални стойности на коефициентите на пречистване на различните примеси и минимални материални загуби. Получените резултати са дадени в Таблица 6.

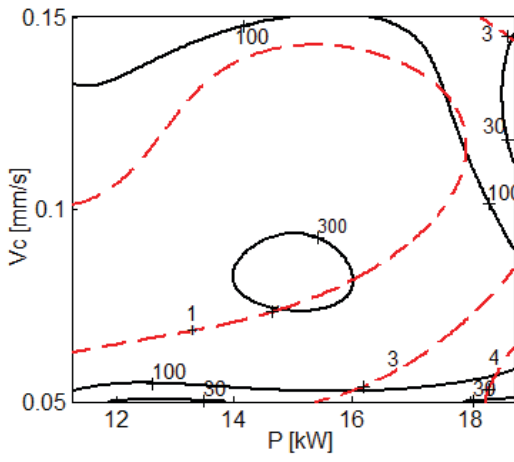
Таблица 6. Оптимизация – Парето-оптимални решения

Ел.	$\alpha_{exp,max}$	$W^{loss}_{min}$ %	P, kW	$v_c$ , mm/s	$\tau$ , min
O	306.4696	0.3405	14.89	0.0905	5.16
Al	167.2910	0.0335	15.60	0.1115	3.58
Fe	94.5665	0.5218	14.40	0.0835	5.94
Si	68.8991	0.4696	14.93	0.0865	5.52
Mn	196.8598	0.1287	15.33	0.1005	4.29
Ni	58.6025	0.0336	15.56	0.1115	3.59
Cr	494.5779	0.5794	11.25	0.0770	8.07
Ca	448.3401	0.1374	15.33	0.1000	4.32
Cu	609.7743	0.1212	15.34	0.1010	4.25

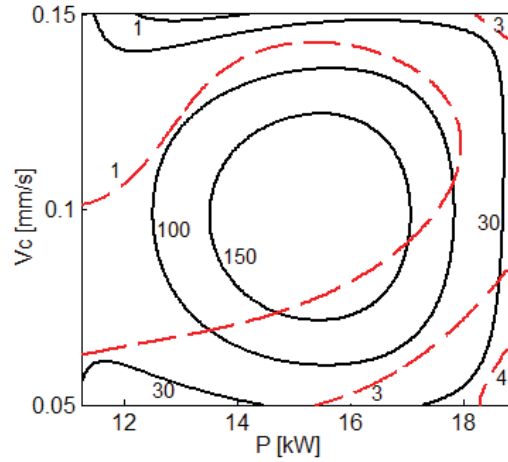
Оптималните области на изменение на параметрите могат да се видят на контурните графики на Фиг. 1 А) - Фиг. 1 И). На тях са изобразени и контурните линии на материалните загуби с пунктир.

Получено е и оптимално решение, при което едновременно са максимизирани всички коефициенти на пречистване и са минимизирани материалните загуби. При определянето на такова Парето-оптимално решение е работено с еднакви тегловни коефициенти за всички примеси. Получените оптимални параметри на процеса са: P = 11.3250 kW,  $v_c$  = 0.07 mm/s,  $\tau$  = 8.86 min, а компромисните оптимални стойности на коефициентите на пречистване са:

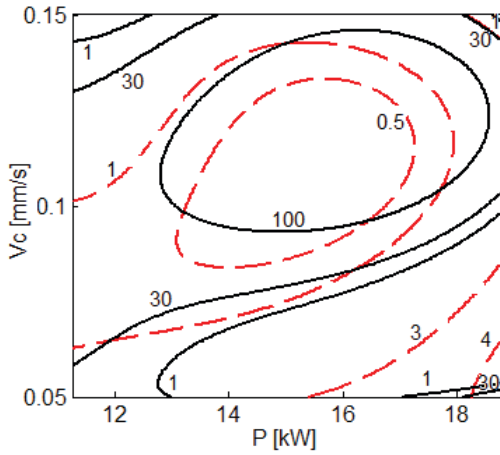




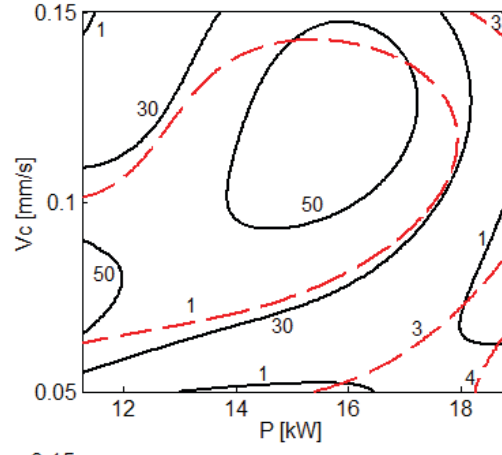
A) O



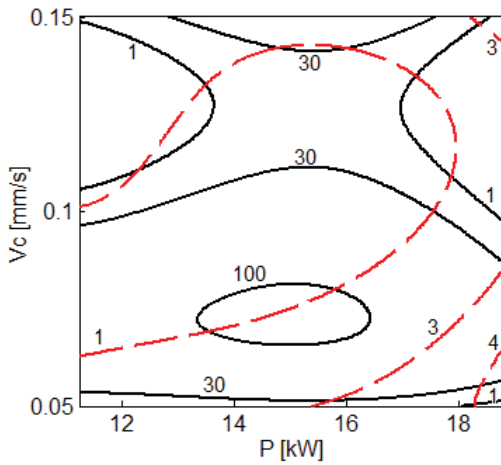
Д) Mn



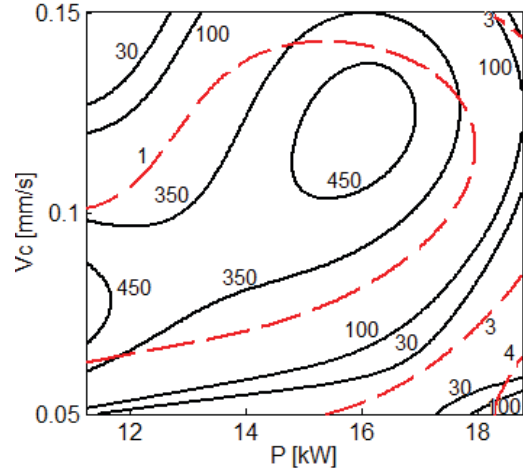
Б) Al



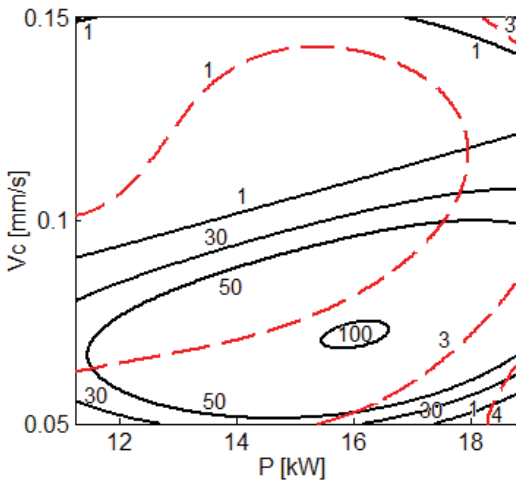
Е) Ni



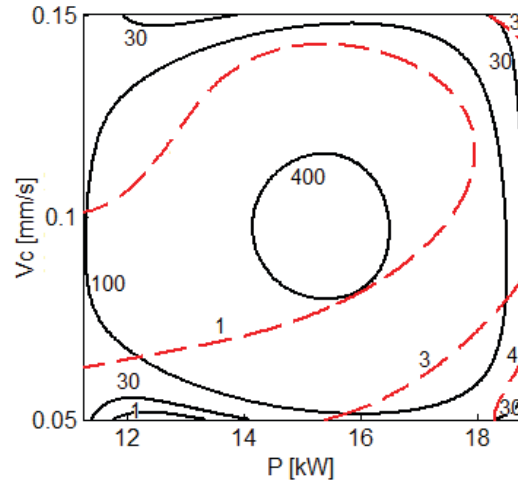
В) Fe



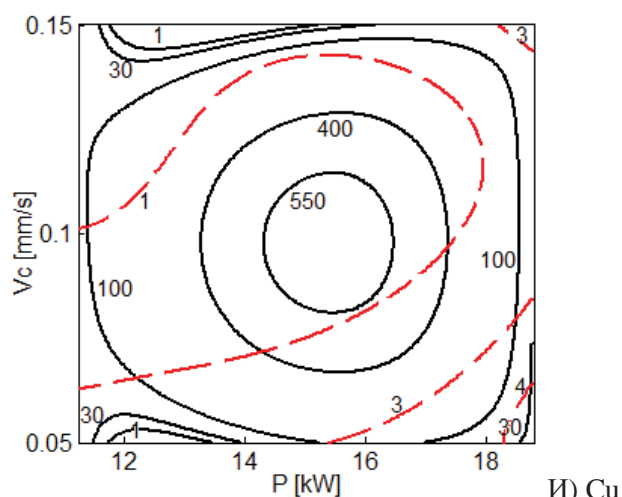
Ж) Cr



Г) Si



З) Ca



**Фиг. 1.** *Контурни графики на коефициентите на пречистване на различни примеси при ЕЛТР на титан в зависимост от мощността на електронния лъч  $P$  и скоростта на топене  $V_c$  за: А) О, Б) Al, В) Fe, Г) Si, Д) Mn, Е) Ni, Ж) Cr, З) Ca, И) Cu.*

$\alpha_{\text{exp.O}} = 226.95$ ,  $\alpha_{\text{exp.Al}} = 52.70$ ,  $\alpha_{\text{exp.Fe}} = 86.50$ ,  
 $\alpha_{\text{exp.Si}} = 46.61$ ,  $\alpha_{\text{exp.Mn}} = 38.20$ ,  $\alpha_{\text{exp.Ni}} = 53.51$ ,  
 $\alpha_{\text{exp.Cr}} = 463.32$ ,  $\alpha_{\text{exp.Ca}} = 85.78$ ,  $\alpha_{\text{exp.Cu}} = 74.50$ , а материалните загуби са:  $W^{\text{loss}} = 0.70\%$ .

Ако рафинирането на някой от тях е от по-голяма важност, могат да се намерят решения, при които съответния примес се рафинира по-добре, но това ще бъде за сметка на влошаването на рафинирането на някои от другите примеси. Затова такива решения винаги са компромисни решения.

## 6. Заключение

В настоящата работа е разгледано оптимизирането на процеса на рафиниране на титан при електронно-лъчево топене чрез коефициент на пречистване на примеси във вакуум на база на реален експеримент. Отчетено е влиянието на изменението на параметрите на процеса: мощност на електронния лъч, скорост на топене и време на рафиниране върху остатъчните концентрации на примеси и материалните загуби. Оценени са регресионни модели за коефициента на пречистване на всеки един от примесите.

Намерени са оптимални решения, при които едновременно са максимизирани коефициентите на пречистване и са минимизирани материалните загуби при процеса електронно-лъчево топене.

Установено е, че примесите О, Cr, Ca, Cu в титан се рафинират значително. При други примеси, рафинирането е значително само при

определени условия на протичане на процеса Al, Fe, Mn, Ni. Други примеси се рафинират само незначително Si или изобщо не се рафинират V.

Разглеждането на процеса на рафиниране при електронно-лъчево топене чрез коефициент на пречистване на примеси има по-голяма степен на общност в сравнение с работата директно с концентрациите на примесите, които са много тясно свързани с конкретния проведен експеримент (начални условия и концентрации, тегла и др.).

## 7. Благодарности

Авторите искат да изкажат благодарност за финансовата подкрепа на НФ „Научни Изследвания“ към МОН по договор ВIn-5/2009.

## ЛИТЕРАТУРА

1. G. Mladenov, E. Koleva, K. Vutova, V. Vasileva, “Practical Aspects and Applications of Electron Beam Irradiation”, publ. Research Signpost/ Transworld Research Network, 43-93, (2011).
2. Vutova K, Koleva K, Mladenov G. Simulation of thermal transfer process in cast ingots at electron beam melting and refining. IREME – Heat Transfer. (2011); 5, 257-265.
3. E. Koleva, V. Vassileva and G. Mladenov. Simulation of Thermal and Mass Transfer of Reactive Metals, LMPC 2007, Nancy, France, Proc. 7<sup>th</sup> Int. Symposium on Liquid Metal Processing and Casting, (2007), 219-225.
4. E. Koleva, V. Vassileva, K. Vutova, G. Mladenov, K. Velev Analysis of Inclusions Removal for the Quality Control at EBMR of Ti and Cu – Proc. “ebeam 2008”, 26-28 October, 2008, Reno, USA (electronic).
5. N. N. Pilipenko. Refinement of Ta by EBW. Questions of Atomic Science and Technique - vacuum, pure metals, superconductors series, v. 12, 2002, pp. 37-39.

- 1) ИЕ-БАН, София 1784, бул. Цариградско шосе №72
  - 2) ХТМУ- София 1756, бул. Климент Охридски № 8
- E-mail: eligeorg@abv.bg  
 E-mail: sura@abv.bg



## ВЛИЯНИЕ НА ЧЕСТОТАТА НА ИМПУЛСА ВЪРХУ СТРУКТУРАТА НА ВИГ ЗАВАРЕНИ СЪЕДИНЕНИЯ ОТ ДУПЛЕКС СТОМАНА 1.4462

ТЕОФИЛ ЯМБОЛИЕВ, ЗЛАТКА ЕВДОКИМОВА

**Резюме:** Целта е да се изследва влиянието на честотата в границите 1-15 хц върху геометрията на шева и структурата на импулсно ВИГ заварени съединения от дуплекс неръждаема стомана 1.4462 с дебелина на листа 2 мм. Пробни тела са заварени с постоянни линейна енергия, среден ток и отношение на фоновия и импулсния ток. Установено е, че с повишаване на честотата ширината на шева от лицевата му страна намалява с 10 %, а откъм корена – с 20 %. Феритните зърна намаляват размера си с 47 % в метала на шева и с 51 % в зоната на термично влияние. За всяка честота дялът на аустенита в зоната на термично влияние е с 15 % по-малък от този в метала на шева.

**Ключови думи:** дуплекс неръждаема стомана, ВИГ заваряване, честота, микроструктура

## EFFECT OF PULSE FREQUENCY ON THE MICROSTRUCTURE OF TIG WELDS OF DUPLEX STAINLESS STEEL 1.4462

TEOFIL IAMBOLIEV, ZLATKA EVDOKIMOVA

**Abstract:** The aim of this work is to study the effect of the pulse frequency in the range of 1 Hz to 15 Hz on the weld bead geometry and microstructure of TIG welds of duplex stainless steel 1.4462 sheet metal 2 mm thick. The welding was carried out using a constant heat input, mean current and a base current to pulse current ratio. It was found that the frequency rise caused a decrease of the weld metal width, a grain size reduction up to 47% in the weld metal and up to 51% in the heat affected zone. For any frequency the austenite portion in the heat affected zone was measured to be 15 % lower than that of the weld metal.

**Key words:** duplex stainless steel, TIG welding, frequency, microstructure

### 1. Въведение

Дуплекс стомана 1.4462 притежава висока якост, пластичност и корозионна устойчивост, предпоставка за които е приблизително равни количества на аустенита и ферита в структурата. След заваряване настъпват неблагоприятни структурни промени, поради което механичните свойства и корозионната устойчивост на съединението

отстъпват спрямо тези на основния метал [1, 2]. Върху степента на промените може да се въздейства чрез параметрите на импулсното ВИГ /ИВИГ/ заваряване, като се контролира количеството внесена топлина, а чрез нея - скоростта на охлаждане на завареното съединение. По този начин при по-нисък енергиен разход за заваряване се получават качествени съединения с подобрени свойства

спрямо получените по метод ВИГ [1, 3-6]. В [7] се съобщава се, че при ВИГ заваряване в среда Ar+5 % N<sub>2</sub> съединенията съответстват по качество на ниво В по БДС ISO 5817. Замяната на метод ВИГ с ИВИГ повишава аустенитния дял и води до издребняване на зърната в МШ до 22 %, а в ЗТВ - до 46 %.

Параметри на импулсното заваряване са среден ток I<sub>ср</sub>, импулсен ток I<sub>и</sub>, фонов ток I<sub>ф</sub>, период T, време на импулсия ток t<sub>и</sub>, време на фоновия ток t<sub>ф</sub>, честота на импулса f, напрежение на дъгата U и скорост на заваряване v. При една и съща линейна енергия всеки от тези параметри може да се изменя в различни граници, като влияе върху размерите на шева, структурата и свойствата на съединението [3, 8, 9]. За да се отчете съвместното влияние на няколко параметъра, се въвежда обобщен безразмерен фактор Φ [3, 8, 9]:

$$\Phi = \frac{I_{\phi}}{I_u} \cdot f \cdot t_{\phi} \quad (1)$$

$$t_{\phi} = T - t_u = \frac{1}{f} - t_u \quad (2)$$

Промяна на честотата на импулса при постоянна скорост на заваряване изменя стъпката M, която представлява разстоянието между съседни вани, образувани от два последователни импулса:

$$M = vT = \frac{v}{f} \quad (3)$$

Установено е, че при ВИГ заваряване на стомана 1.4301 честотата на импулса не влияе върху геометрията на шева, а промяната в размерите му е по-скоро следствие от изменение в стойността на t<sub>и</sub>/T [10]. При ИВИГ заваряване на стомани 1.4301 и 310 се застъпва обратното твърдение, че с увеличаване на честотата ширината на ЗТВ и размерите на шева намаляват [11]. В изследване на ИВИГ съединения от стомани 1.4301 и 1.4404 е установено, че в честотния интервал 1-4 хц размерите на шева се понижават, а в интервала 4-10 хц остават постоянни. Едновременно с това зърната по оста на МШ издребняват и по форма преминават от удължени към равноосни [12]. В друго изследване се съобщава, че площта на шева нараства с увеличаване на линейната енергия чрез импулсия ток и относителната му продължителност, но намалява с повишаване на честотата на импулса [13]. Тези данни показват, че липсват безспорни доказателства за влиянието на честотата върху геометрията на шева и ЗТВ на аустенитните стомани, а

влиянието им при заваряване на дуплекс стомани не е изследвано. Освен това в цитираните изследвания дялът на аустенита, чието значение за свойствата на МШ и ЗТВ на дуплекс стоманите е първостепенно [1, 6, 7], не е привлечен като критерий за окачествяване на структурата. Затова цел на настоящата работа е да изследва влиянието на честотата на импулса върху размерите на шева и структурата на импулсно ВИГ заварени съединения от дуплекс стомана 1.4462.

## 2. Методика на работа

Химичният състав на стомана 1.4462 е поместен в табл. 1

Таблица 1. Химичен състав

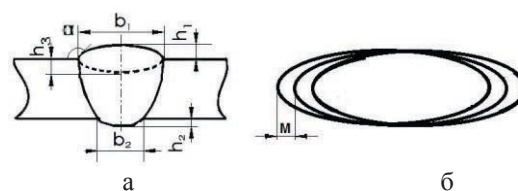
C	Mn	Si	Cr
0,015	1,54	0,46	20,2
Ni	Mo	Al	Fe
5,86	3,06	0,016	68,4

Планки с размери 200x70x2 мм са обезмаслени и установени в приспособление за заваряване, което осигурява защита на корена на шева. Стопени са ивици по метод ИВИГ на режим, в който честотата на импулса се изменя от 1 до 15 хц през 2 хц, табл. 2, а напрежението на дъгата е 10-11 в.

Таблица 1. Режим на заваряване

I <sub>и</sub>	I <sub>ф</sub>	I <sub>ср</sub>	t <sub>и</sub> /T	v <sub>з</sub>	I <sub>ф</sub> /I <sub>и</sub>	Φ
a	a	a	%	мм/с		
125	32	74	0,45	2	0,26	0,141

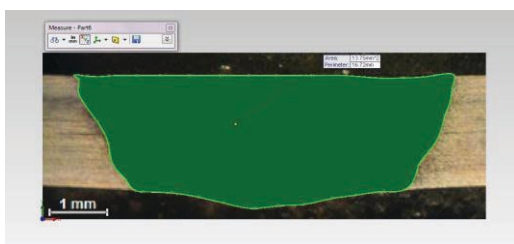
Размерите на шева по Фиг. 1 са снети в различни участъци по дължина на съединението и са осреднени. Изрязани са образци за металографски шлифове, които са полирани със суспензия 1 мкм и се проявени с разтвор на солна киселина с концентрация - 35,7 %, азотна киселина - 67 %, и дестилирана вода в отношение 3:1:2.



Фиг. 1. Размери: а) заваръчен шев; б) стъпка

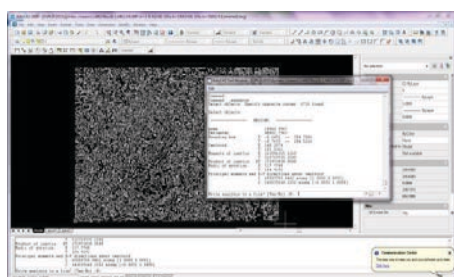


Определени са площта и периметърът на напречното сечение на заваръчния шев. За целта макроснимка на шева е обработена с яркост и контраст и след мащабиране шевът е обходен и изчислен, Фиг. 2.



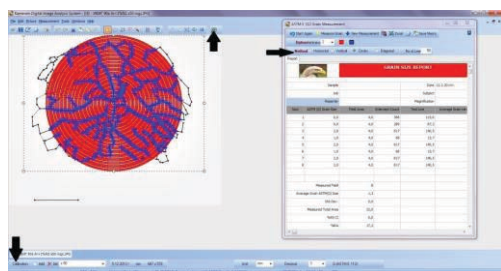
Фиг. 2. Определяне на площта на шева

За определяне на аустенитния дял в микроструктурата на МШ и ЗТВ е използван фазов анализ на изображения с увеличение на микроскопа 100x. Аустенитният дял е измерен по ширината на шева и ЗТВ в средата по дебелина на листа. За граница между МШ и ЗТВ е приета зоната, в която за два съседни участъка е отчетена разлика в аустенитния дял, по-голяма от 15 %.



Фиг. 3. Изображение на аустенита при определяне на дяла му

След разграничаването на ЗТВ и МШ са определени размерите на феритните зърна в двете зони при увеличение 50x, като се проследява границата на първичните феритни зърна. За целта в ЗТВ са обходени всички зърна по дебелина на листа, а в МШ по оста на напречното му сечение в средата по дебелина на листа, Фиг. 4.



Фиг. 4. Етап от измерване на големината на зърната

Използван е методът на секущата с програма Camegam. Средният размер съответства на максималната честота при Гаусово разпределение на стойностите.

### 3. Резултати

#### 3.1 Количество топлина

С увеличаване честотата на импулса е отчетено повишаване на напрежението на дъгата, вследствие на което при  $f > 11$  хц линейната енергия нараства, табл. 2. Едновременно с това стъпката  $M$ , пресметната по (3), намалява.

Таблица 2. Напрежение на дъгата, линейна енергия и стъпка

f хц	$U_{cp}$ в	$q_l$ кдж/мм	P мм
1	10	0,20	2,00
3	10	0,20	0,67
5	10	0,20	0,40
7	10	0,20	0,29
9	10	0,20	0,22
11	11	0,21	0,18
13	11	0,21	0,15
15	11	0,21	0,13

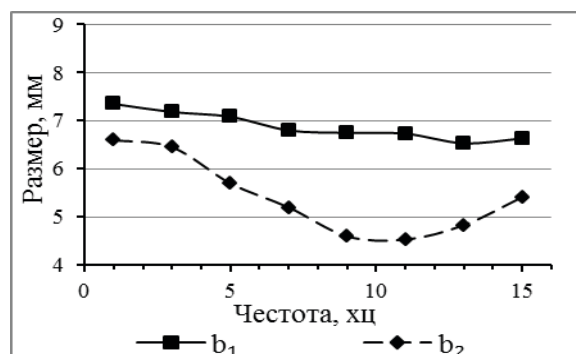
Количество топлина  $Q_{ii}$ , внесено по време на един импулс, което предизвиква стопяване, е много по-малко при високите честоти, отколкото при ниските, табл. 3. Напр. при 1 хц и 15 хц то е съответно 0,3 кдж и 0,02 кдж.

Таблица 3. Количество топлина

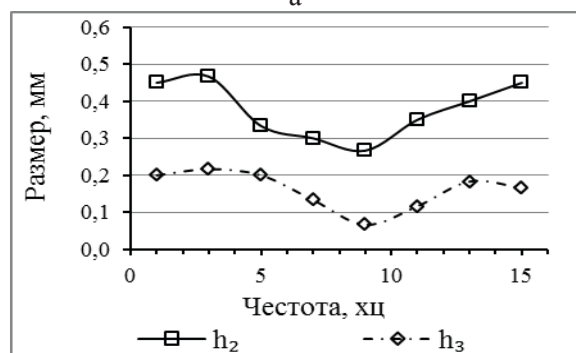
f хц	$Q_{ii}$	$Q_{\phi}$	$t_u$	$t_{\phi}$
	кдж		с	
1	0,30	0,10	0,45	0,55
3	0,11	0,03	0,15	0,18
5	0,06	0,02	0,09	0,11
7	0,05	0,01	0,06	0,08
9	0,04	0,01	0,05	0,06
11	0,03	0,01	0,04	0,05
13	0,02	0,01	0,04	0,04
15	0,02	0,01	0,03	0,04

### 3.2 Размери на шева

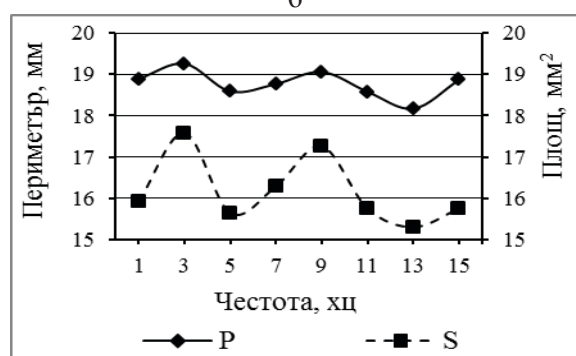
С увеличаване на честотата ширината на шева  $b_1$  от лицевата му страна намалява до 90 % от първоначалната, а ширината на корена  $b_2$  – до 80 % от нея, Фиг. 5, а. Ширината на корена  $b_2$ , височината на провара  $h_2$  и пропадането  $h_3$  бележат минимум при 9 хц Фиг. 5, б. В изменението на площта и периметъра на шева отсъства закономерност – те варират съответно около  $16.5 \text{ mm}^2$  и 19 мм, Фиг. 5, в и Фиг. 6.



а



б



в

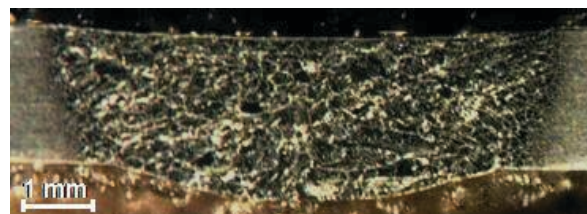
Фиг. 5. Размер на шева в зависимост от честотата на импулса

### 3.3 Структура

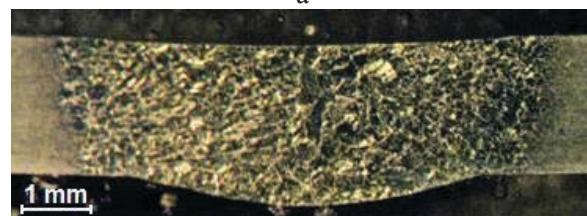
Основният метал е изграден от удължени феритни и аустенитни зърна със среден размер 45 мкм в посоката на валцоване и 5 мкм в напречна посока. Дялът на аустенитната фаза е 60 %, а на феритната – 40 % [7].

### 3.3.1 Големина на зърната

На фиг. 6 е показана макроструктурата на съединения, получени с честота на импулса 1 хц и 15 хц. Феритните зърна в МШ и ЗТВ нарастват спрямо тези в основния метал. Средният им размер намалява в зависимост от честотата на импулса, както е показано на Фиг. 7. При 1 хц средният размер на зърната в МШ е 180 мкм, а при 15 хц – 95 мкм, т. е. намалява с 47 %. Аналогично за ЗТВ – при 1 хц средният размер е 75 мкм, а при 15 хц – 37 мкм, т. е. понижава се с 51 %.

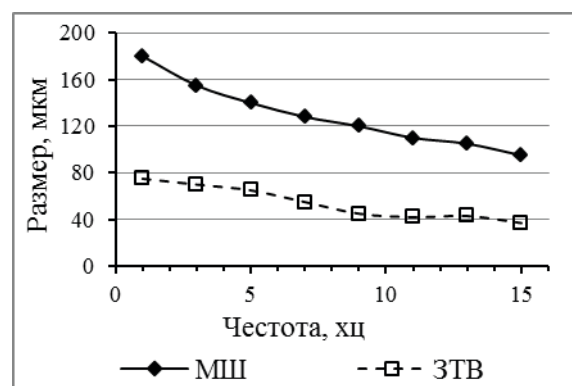


а



б

Фиг. 6. Макроструктура: а) 1 хц; б) 15 хц



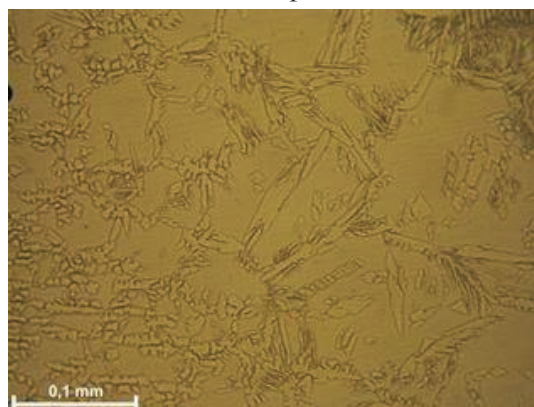
Фиг. 7. Размер на зърната в зависимост от честотата на импулса

### 3.3.2 Аустенитен дял

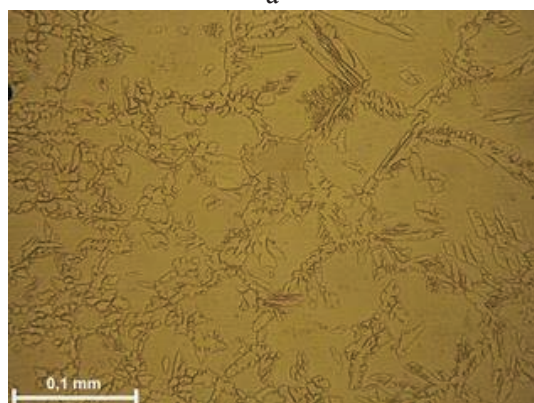
Микроструктурата на ЗТВ и МШ е съставена от първични феритни зърна. По границите им се образува Видманщетен аустенит от тип  $\gamma_2$ , а във вътрешността им – от тип  $\gamma_1$  [1, 6], Фиг. 8. Образуването на вторичния аустенит  $\gamma_1$  изисква по-голяма степен на преохлаждане от  $\gamma_2$ .  $\gamma_1$  подобрява механичните свойства и устойчивостта срещу корозия [1].

Вследствие заваряването дялът на аустенита намалява от 50 % в основния метал на

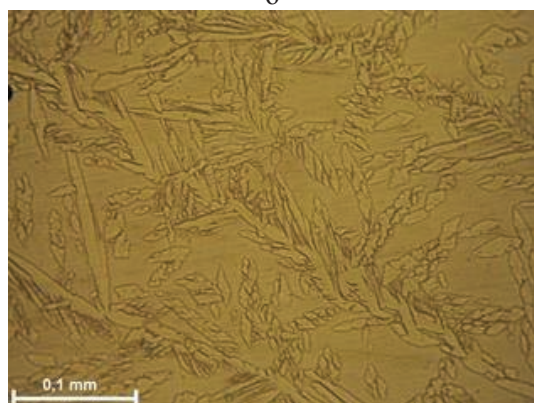
26-30 % в МШ и на 10-15 % в ЗТВ съответно при честота 1 хц и 15 хц, фиг. 8.



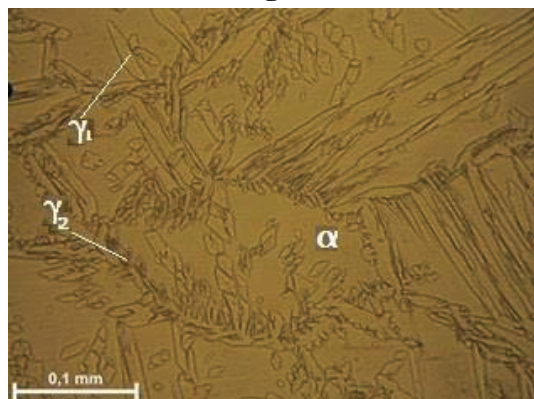
а



б



в

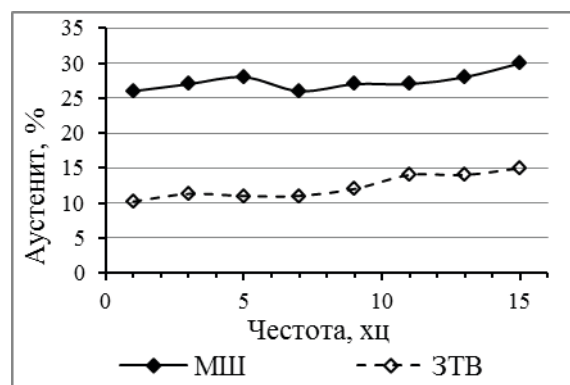


г

Фиг. 8. Микроструктура: а) ЗТВ, 1 хц; б) ЗТВ, 15 хц; в) МШ, 1 хц; г) МШ, 15 хц

Повишаването на честотата от 1 хц до 15 хц поражда нарастване на линейната енергия от 0,20 кдж на 0,21 кдж, табл. 2, и на аустенитния дял с 4 % в МШ и с 5 % в ЗТВ, Фиг. 9. В предишно изследване е установено, че при честота 5 хц увеличаване на линейната енергия от 0,17 кдж на 0,21 кдж повишава аустенитния дял с 4 % [7].

За всяка честота в интервала 1-15 хц аустенитният дял в МШ превишава този на ЗТВ с повече от 15 %, Фиг. 9. В границите на МШ, съответно ЗТВ, количеството на аустенита варира несъществено с  $\pm 3\%$ .



Фиг. 9. Аустенитен дял в зависимост от честотата на импулса

#### 4. Анализ на резултатите

С повишаване на честотата от 1 до 15 хц феритните зърна издребняват съществено - в МШ с 47 %, а в ЗТВ с 51 %. Вероятна причина за това е, че при повишената честота за един импулс във ваната постъпва по-малко количество топлина, табл. 2, която ефективно се отвежда чрез топлообмен, т. е. повишава се скоростта на охлаждане. Така в МШ се съкращава времето за епитаксилно нарастване на частично стопените зърна, облицоващи заваръчната вана. В ЗТВ престоят на метала в температурния интервал на прегряване става по-кратък и ограничава окупняването на феритните зърна.

От друга страна всеки импулс на дъгата упражнява ударно действие върху ваната. Стопилката се деформира еластично, а след прекратяване на импулса изпада в затихващо трептеливото движение. Към него се наслагва сложно въртеливо движение на течния метал, причинено от електродинамичната сила на дъгата. В задната част на ваната, където протича кристализацията, резултантната сила, породена от тези движения на стопилката, може да предизвика откъртване на връхчетата от нарастващите дендрити. При благоприятни



термодинамични условия отчупените връхчета могат да изпълнят ролята на устойчиви кристализационни зародиши пред фронта на кристализация, като допринесат за образуване на по-голям брой нови кристали и зърна. Така общият брой на зърната в МШ нараства за сметка на размерите им.

Аустенитът от тип  $\gamma_1$  разделя първичното феритно зърно на части и в този смисъл предизвиква ефективното му издребняване. Появата на нови междуфазови граници в зърното е препятствие за движението на дислокациите и благоприятства повишаването на якостта на МШ и ЗТВ при осигурена пластичност. Непубликувани собствени резултати показват, че при заваряване с честота 5 хц относителното удължение на образци след изпитване на опън е 11 %, а напречното свиване - 33 %. За основния метал съответните стойности са 21 % и 39 %.

Повишената скорост на охлаждане увеличава устойчивостта на ферита и задържа превръщането ферит→аустенит до по-ниска температура от равновесната. Затова измереното нарастване на аустенитния дял с 4-5 % следва да се приеме като несъществено, тъй като е съизмеримо с грешката при измерване.

## 5. Изводи

С увеличаване на честотата на импулса от 1 хц до 15 хц:

1. Ширината на шева от лицевата му страна намалява с 10 %, а откъм корена – с 20 %. Размерите на корена имат минимални стойности при 9 хц. Липсва закономерност в изменението на площта и периметъра на шева.

2. Размерът на феритните зърна в МШ намалява с 47 %, а в ЗТВ с 51 %.

3. Видманшетенов и вторичен аустенит разделят феритните зърна в МШ и ЗТВ. За всяка честота аустенитният дял в МШ превишава този на ЗТВ с повече от 15 %.

## ЛИТЕРАТУРА

- Lippold J., D. Kotecki (2005). Welding metallurgy and weldability of stainless steels, *A John Wiley & Sons Inc*
- Лолов Н. (2008). Дуплекс неръждяващи стомани - свойства и заваряване, *Machines, Technologies, Materials*, 1, 40-43.
- Becker, D. et al. (1978). Investigation of pulsed GTA welding parameters. *Welding Journal*, 5, 134s-138s.
- Lakshminarayanan, A. et al. (2009). Effect of Autogenous Arc Welding Processes on Tensile and Impact Properties of Ferritic Stainless Steel Joints. *Journal of Iron and Steel Research International*, 16, 1, 62-68.
- Sundaresan, S. et al. (1999). Microstructural refinement of weld fusion zones in  $\alpha$ - $\beta$  titanium alloys using pulsed current welding. *Materials Science and Engineering*, A262, 88-100.
- Wang, S. et al. (2006). Gamma ( $\gamma$ ) phase transformation in pulsed GTAW weld metal of duplex stainless steel. *Materials Science and Engineering*, A420, 26-33.
- Ямболиев, Т., З. Евдокимова (2014), Импулсно ВИГ заваряване на дуплекс стомана 1.4462 в среда от аргон и газови смеси. *Инженерни науки*, книга 4, 47-57
- Ghosh P. K., Agrawal B. P. Extra narrow gap gas metal arc welding of thick high strength low alloy steel, *2<sup>nd</sup> South East European IIW international congress*, 168-173
- Ghosh P. K., S. R. Gupta, H. S. Randhawa, (2000). "Characteristics of a Pulsed-Current, Vertical-Up gas metal arc weld in steel", *Metallurgical and materials transactions A*, vol. 31A, , 2247-2259.
- Sonsuvit N., S. Chandra-Ambhorn G. Lothongkum. Effect of TIG pulse welding parameters and nitrogen gas mixed in argon shielding gas on weld bead formation and microstructure of weld metals of AISI 1.4301 stainless steels at the 10-h welding position. *Session PE3: Pipeline Symposium: Properties & Structures*.
- Leithner R., G. McElhinney, E. Pruit. (1973). An investigation of pulsed GTA welding variables, *Welding Journal*, 9, 405-409.
- Ямболиев Т., Д. Димитров. (2010). Влияние на честотата на тока върху свойствата на съединението при импулсно ВИГ заваряване, *Сб. тр. 26-та межд. Научна конф. „65 г. МТФ“*, Созопол, 66-71.
- Ямболиев Т. (2012). Оптимизиране на импулсно ВИГ заваряване на неръждаема стомана 1.4404, *Научни трудове на Русенски университет*, том 51, серия 2, 196-200.

Контакти:

Т. Ямболиев: [tiamb@tu-plovdiv.bg](mailto:tiamb@tu-plovdiv.bg)

З. Евдокимова: [z\\_uzunova@yahoo.com](mailto:z_uzunova@yahoo.com)

Адрес:

4000 Пловдив, Цанко Дюстабанов 25





## ПОВИШАВАНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТТА ПРИ СТРУГОВО ОБРАБОТВАНЕ ЧРЕЗ ПРИЛАГАНЕ НА ПРОБЕН ПРОХОД С ИЗМЕРВАНЕ НА ПОВЪРХНИНАТА С РЕЖЕЩИЯ ИНСТРУМЕНТ

СВЕТЛАНА КОЛЕВА, МИЛКО ЕНЧЕВ

**Резюме:** В статията се разглежда проблем, свързан с осигуряване на точността при обработване на детайли с пробен проход върху стругови машини с ЦПУ. Анализират се грешките, които оказват влияние върху точността на метода. Представени са данни от реално обработени детайли, показващи възможностите на метода. Обработена е партида заготовки с използване на пробен проход и измерване на повърхнината с режещия инструмент и са представени данни са полученото разсейване на размерите.

**Ключови думи:** измерване с режещия инструмент, точност при струговане

## INCREASING THE EFFICIENCY OF TURNING OPERATIONS THROUGH THE APPLICATION OF TRIAL CUTS WITH MEASUREMENT THE DIMENSION USING THE CUTTING TOOL

SVETLANA KOLEVA, MILKO ENCHEV

**Abstract:** In the paper is described the problem of managing machining accuracy through trial cuts on CNC lathes. Analyse are the errors that influence the accuracy of the method. Presented are data from real machining operations showing the capabilities of the method. Machined are a batch of workpieces through trial cuts and measuring the dimension using the cutting tool. Presented are the data for the variation of the dimensions.

**Key words:** measurement by cutting tool, accuracy in turning

### 1. Въведение

Осигуряването на рентабилността при производство на детайли в условията на висока конкурентност в машиностроенето може да се постигне само с прилагане на ефективни технологии. Обработването се характеризира с интензивни режими, водещи до по-големи грешки и увеличаване времето за оперативен контрол, необходим за надеждно осигуряване на точността. Разходът на машинно време за оперативен контрол е особено значим при висока точност и многоинструментално

обработване, където трябва да се гарантира точността не само на окончателните, но и на предшествашите преходи [1, 2].

В условията на съвременното стругово обработване на МРМ с ЦПУ се налага постигане на точност до 0.015-0.025mm [2]. Прилага се при незакалени детайли, при изработвани от подобрени стомани, както и при закалени детайли, обработвани със свръхтвърди инструменти. С цел ефективност се прилага концентрация на грубо и чисто струговане, като точността на окончателното зависи и от

грешките на предшестващото обработване. Обикновено грубият преход е многопроходен, което снижава влиянието на силовите деформации от разсейване на размерите на заготовката. Независимо от това, при определени условия се въвежда получист преход. Това е характерно при доминиращо влияние на силовите деформации (при обработване на материали, създаващи по-големи специфични сили и при недостатъчна стабилност на технологичната система). Смуцаващите фактори са разсейване на прибавка, твърдост на материала, износване на инструмента и променливата стабилност на технологичната система. Последната е резултат основно от установяването на заготовката (единична или групва) по черна база, което често се прилага при обработване на детайлите на МРМ с ЦПУ, с цел максимална концентрация на операциите. Понякога се налага да се избере схема на установяване с по-ниска стабилност, осигуряваща възможност за обработване на детайла при минимум установявания. Допълнително стабилността се влошава и от недобро установяване на инструментите. Конкурентността налага работа при условия на границата на надеждността на процеса и търсене на рационални технологични решения за осигуряване на точността.

## 2. Изложение

При струговане за осигуряване на точността се предпочита автоматично поднастройване с измерване на режещия инструмент [3]. Граничната му точност може да се прогнозира с моделиране на грешките, действащи при условията на точното обработване.

$$\Delta_{\Sigma} = 2 \left( \Delta_{неотч} + \sqrt{\omega_n^2 + \omega_m^2} \right) \quad (1)$$

където  $\Delta_{неотч}$  са неотчетените грешки, свързани с измерването, позиционирането, настройването и алгоритъма на поднастройване;  $\omega_n$  - настроечно поле;  $\omega_m$  - поле на случайната грешка при обработване, което се формира от грешките на:

$$\omega_m = \sqrt{\omega_{м.поз.}^2 + \omega_{р.поз.}^2 + \omega_{с.д.}^2} \quad (2)$$

позициониране на супорта на машината  $\omega_{м.поз.}$ ; позициониране на револверната глава

$\omega_{р.поз.}$ ; силови деформации на технологичната система  $\omega_{с.д.}$ . Последните се формират от силовите деформации в следствие от разсейване на: дълбочината на рязане ( $\omega_{с.д.а_p}$ ), твърдостта ( $\omega_{с.д.НВ}$ ), износването на инструмента ( $\omega_{с.д.н}$ ) и стабилността ( $\omega_{с.д.ж}$ ):

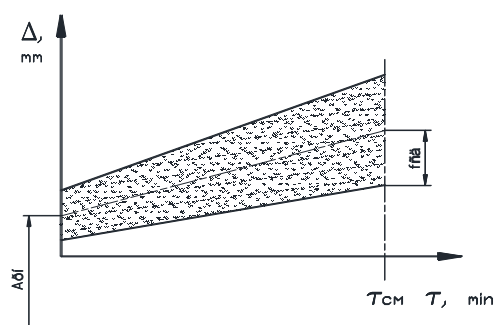
$$\omega_{с.д.} = \sqrt{\omega_{с.д.а_p}^2 + \omega_{с.д.НВ}^2 + \omega_{с.д.н}^2 + \omega_{с.д.ж}^2} \quad (3)$$

След компенсирането на систематичните грешки от износване и топлинни деформации в технологичната система, посредством контрола на режещия инструмент горната зависимост се променя:

$$\Delta_{\Sigma} = 2 \left( \Delta_{неотч.} + \sqrt{\omega_n^2 + \omega_m^2 + 3f_{с.д.}^2} \right) \quad (4)$$

При по-значимо влияние на износването върху силовите деформации диаграмата на точност е от вида (фиг.1):

За да е доминиращо влиянието на силовите деформации трябва техният дял в сумарната грешка да е по-голям от 50%. Прилагането на получистия преход при тези условия намалява само частта от силовите деформации, формирана от разсейването на прибавката  $\omega_{с.д.а_p}$ , но останалите, включително систематичната грешка  $f_{с.д.}$  се запазват.



Фиг. 1. Диаграма на точността при значимо влияние на силовите деформации

В условията на доминиращо влияние на силовите деформации, когато не може да се въздейства ефективно върху тяхното влияние, се прилага схемата на обработване с пробен

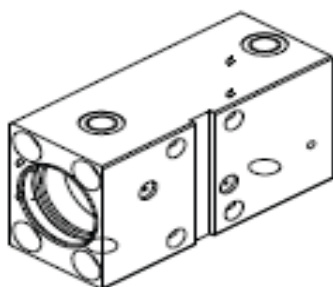
проход. Той се изпълнява при същите условия, както окончателния. След него се измерва обработената повърхнина и в зависимост от отклонението на размера от програмираната му стойност, се внася съответна корекция. Граничната грешка при получаването на размер с пробен проход се определя по зависимостта:

$$\Delta_{\Sigma} = 2\left(\Delta_{неотч} + \sqrt{\omega_{изм.}^2 + \omega_{поз.}^2}\right) = 2\left(\Delta_{неотч} + \sqrt{\omega_{изм.}^2 + \omega_{м.поз.}^2 + \omega_{р.поз.}^2}\right) \quad (5)$$

При поднастройване на инструмента преди пробния проход се избягва и грешката от позициониране на револверната глава:

$$\Delta_{\Sigma} = 2\left(\Delta_{неотч.} + \sqrt{\omega_{изм.}^2 + \omega_{м.поз.}^2}\right) \quad (6)$$

Получаването на размерите с пробен проход осигурява най-висока точност и може да се автоматизира посредством измерване на обработената повърхнина с режещия инструмент. За реалните възможности на този метод са показателни резултатите, получени в производствени условия при обработване на 1350 броя втулки, произвеждани в партии по 300-400 детайла [4]. Те са от стомана X12, термообработени до твърдост HRC56-60. Втулката е с външна повърхнина Ф14, дължина 9mm и отвор Ф9.90Н6 (допускът на повърхнината е 9mm). Втулката се установява в цангово приспособление по външната си повърхнина върху струг СТ161 и се обработва с пластина от CBN при следните режими на пробния и окончателния преходи: честота на въртене  $n=2700\text{min}^{-1}$ , дълбочина на рязане  $a_p=0.03\text{mm}$  и подаване  $f=0.10\text{mm/rev}$ . След пробния проход повърхнината се измерва с триточков вятромер Mitutoyo с разделителна способност 0.001mm и при необходимост се внася корекция. Технологичният брак в рамките на една партида е 3-5 детайла.



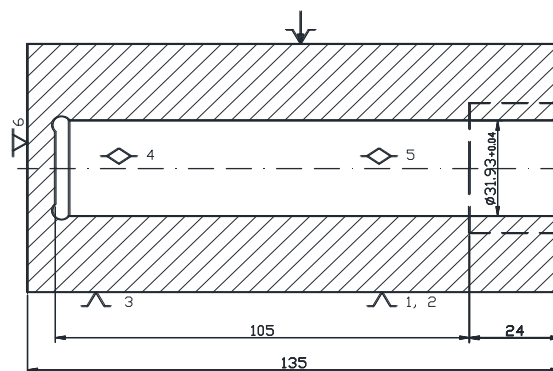
Фиг. 2. Детайл „Цилиндър“

За доказване работоспособността на измерването на детайла с режещия инструмент

при осигуряване товаността на размерите с пробен проход, е проведен експеримент с обработване на 25 броя детайли “цилиндър” (фиг. 2).

Заготовката от стомана 45 се установява в специално приспособление, монтирано към фланеца на струг СЕ063. На тази операция се извършва пробиване на отвора, обработване на всички вътрешни повърхнини и подрязване на челото. Съществен проблем при обработването е постигането на точността на отвора Ф32, необходима за гарантиране на прибавката за окончателния технологичен преход с ППД. За правилното функциониране на инструмента за ППД, фирмата-производител Yamato препоръчва разсейване на диаметралния размер до 0.03-0.04mm [5]. Както се вижда от фиг.3, съотношението между диаметъра на отвора и дължината му е  $k=L/d=3.9$ . Поради това, че трябва да се осигури достатъчно пространство за безпроблемна евакуация на стружките, сечението на инструмента се намалява допълнително, при което стойността на  $k$  се увеличава още и става 5d. При тази схема на обработване силовите деформации са решаващ фактор за точността на размера.

С цел намаляване влиянието на топлинните деформации преди експеримента е проведено едночасово подгриване на машината. След пробиване на отвора със свредло със сменяема твърдосплавна пластина Ф31 на фирмата ARNO, отворът се зенкерова с челно-цилиндричен зенкер до получаване на размер Ф31.5 и оформяне на право вътрешно чело на детайла.



Фиг. 3. Схема на базиране и размери на повърхнината за пробен проход

Разстъргването преди окончателното обработване с ППД се извършва по пробен проход. При настройването на разстъргващия инструмент е определено положението на размерообразуващата точка, като за целта се използва надеждно закрепен върху задното седло на машината измервателен

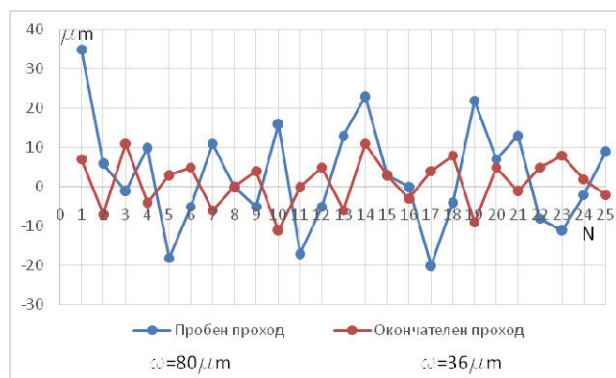
микрометричен часовник с плосък накрайник. Той се нулира и се запомня съответстващата на това положение позиция по ос X на индикацията на машината. След пробиване и зенкерование разстъргващия инструмент се извиква и се подвежда към часовника за определяне на текущото положение на размерообразуващата точка. С цел намаляване на грешката от позициониране на машината и измервателния часовник, програмно се изпълняват 9 докосвания на инструмента до накрайника. Показанията, отчетени по часовника се осредняват и се въвеждат като корекция за компенсиране на систематичните грешки по време на обработване. След поднастройване инструментът по програма обработва част от отвора в този участък, където по-късно ще се формират вътрешни повърхнини с по-голям диаметър (изобразен с пунктирна линия на фиг.3). Режимите на рязане са скорост  $V=100\text{m/min}$ , дълбочина  $a_p=0.2\text{mm}$  и подаване  $f=0.15\text{mm/rev}$ , а инструментът е S25S SDUCR-11 с пластина DCGT11T304-SM - IC907.

За измерване на получения диаметър на повърхнината е организиран измервателен цикъл, включващ подвеждане на инструмента на разстояние  $0.1\text{mm}$  от нея; движение да поява на сигнал за докосване с подаване  $0.001\text{mm/rev}$ ; регистриране и запомняне на позицията; извършване на три измервания в различни напречни сечения, отстоящи на  $3\text{mm}$  едно от друго. За извършване на измерването по докосване се използват схемата и устройството за измерване, разгледани в [2], като записващото устройство Heidenhain отчита позицията на докосване при достигане на 15% контакт между инструмента и повърхнината. Получените резултати се осредняват и се определя отклонението спрямо настроенния размер –  $\Phi 31.95$ . То се внася като корекция с коефициент на поднастройване  $b=0.85$  и отворът се обработва окончателно. Получената повърхнина се измерва с триточков вътрешен измервател Mitotoyo с разделителна способност  $0.002\text{mm}$  в три надлъжни сечения с три повторения.

На фиг.4 са представени осреднените диаметрални отклонения от зададените стойности при пробния проход и окончателното обработване.

С прилагането на пробния проход разсейването на размерите намалява 2 пъти.

Методът позволява компенсиране на случайните грешки от силовите деформации, свързани с променливата твърдост на материала, износването на инструмента и нарастващите в резултат на това сили на рязане.



Фиг. 4. Измерени диаметрални отклонения на повърхнината

### 3. Заключение

Прилагането на пробен проход в условията на значимо влияние на силовите деформации е метод за повишаване на ефективността на струговото обработване, позволяващ компенсиране на случайните грешки от силови деформации. Методът може да се автоматизира посредством измерване на обработената повърхнина с режещия инструмент. Разсейването на размерите на обработени в реални условия заготовки след прилагане на пробен проход намалява 2 пъти.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Енчев М, С.Колева (2013). Приложение на измерването на детайла с режещия инструмент, *Машиностроене и машинознание*, кн.2, стр.41-43, Варна
2. Колева С. (2014). *Изследване на възможността за автоматизирано компенсиране на динамичната грешка при струговане*, Дисертация за присъждане на ОНС Доктор, Русе
3. Енчев М. (2006). *Автоматично размерно настройване и поднастройване на стругове с ЦПУ*, Дисертация за присъждане на ОНС Доктор, Русе
4. Иванов К. и колектив. (2015). *Отчет на проект по ФНИ 2014-МТФ-03*, Русе
5. <http://www.tecnimetal-tm.com/userfiles/file/Yamato/Rbtuser.pdf>

Контакти

Адрес

гр. Русе, ул. "Студентска"\* Русенски университет „Ангел Кънчев, кат.

ТММРМ

E-mail: svetla@uni-ruse.bg

E-mail: menchev@uni-ruse.bg





## ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИЗМЕНЕНИЕТО НА НАЛЯГАНЕТО В ГЕРОТОРЕН ХИДРОМОТОР, ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ КОМПЮТЪРНА СИМУЛАЦИЯ

ЕМИЛ ВЕЛЕВ

**Резюме:** При проектирането на нови видове зъбни двойки за героторни хидромотори е важно да се изследва изменението на налягането. Това изменение дава важна информация за теоретичния въртящ момент, който би генерирал така проектирания героторен хидромотор.

**Ключови думи:** геротор, симулация, налягане

## RESEARCH THE AMENDMENT OF PRESSURE OF HYDRAULIC GEROTOR MOTOR, USING COMPUTER SIMULATION

EMIL VELEV

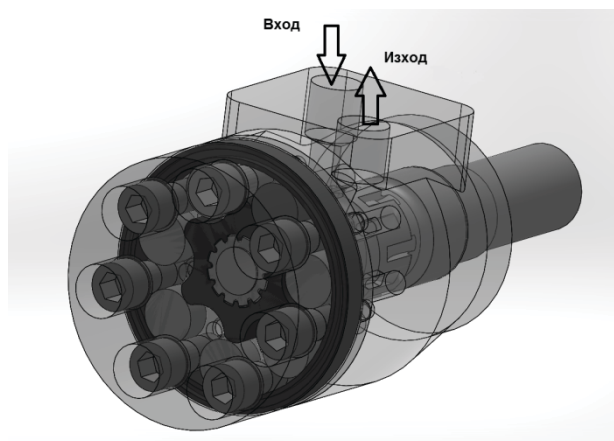
**Abstract:** During the design of new types a pairs of gerotor hydraulic motors is important to examine the pressure change. This amendment gives important information about the theoretical torque that would generate designed hydraulic gerotor motor.

**Key words:** gerotor, simulation, pressure

### 1. Въведение

Хидромотори навлизат все по-вече в съвременните машини. Това се дължи главно на техните характеристики, които са: малки габарити, големи въртящи моменти, които могат да развият и възможността за пускане в работа под товар.

Героторните хидромотори са машини с два ротора, които са две зъбни колела. На фиг. 1 е показана конструкцията на героторен хидромотор[1].



Фиг. 1. Героторен хидромотор

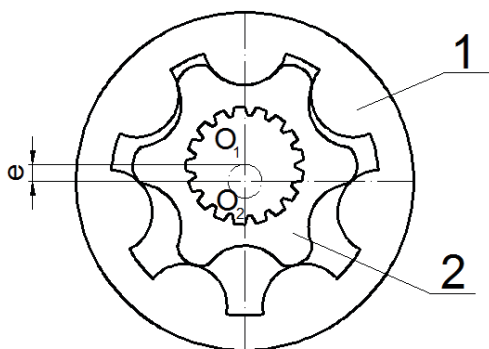
Изследване изменението на налягането при работа на хидромотора има за цел подобряване параметрите на героторните хидромотори.

## 2. Разработване на компютърен модел

За да се направи компютърната симулация е необходимо да се направи асемблиран 3D модел на всички детайли, изграждащи героторния хидромотор [2].

Зададени са геометричните връзки между тях.

При разработване на зъбната двойка на героторния хидромотор е необходимо да се спазва методиката за конструиране на профила на зъбните колела [3,4,5,6].



Фиг. 2. Зъбна двойка на героторен хидромотор

Героторните хидромотори представляват интерес благодарение на малката си металоемкост. Зъбните колела 1 и 2 (фиг. 2) са със специален циклоиден профил, което позволява непрекъснат контакт между зъбите. По този начин се изолират отворите за подвеждане на течността с високо налягане и за отвеждане на работната течност. За осъществяване на обемния принцип на работа задължително условие е наличието на разлика от един зъб между броя на зъбите на вътрешното колело 2 (първи ротор) и тези на външния зъбен венец 1 (втори ротор). Затова тези машини се наричат още бироторни.

Вътрешното колело е изместено спрямо центъра на външното колело на разстояние  $e$ , което представлява ексцентрицитета на зъбната двойка.

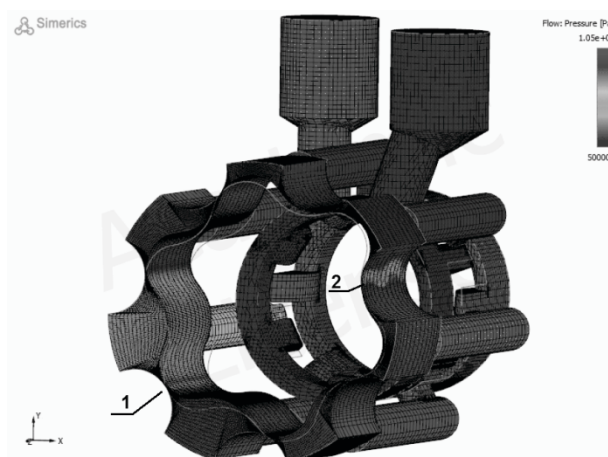
Героторните хидромотори работят с наляганя до 15 МРа.

Параметрите на хидромоторите са: обема, изходящия въртящ момент, обороти на изходящия вал и работно налягане на хидромотора. За тяхното подобряване е необходимо да се извърши компютърна симулация. Целта е оптимизиране на характеристиките им и изследване на техните параметри преди да започне тяхното производство.

## 3. Компютърна симулация на проектирания модел

Изходящия въртящ момент на героторните хидромотори зависят от профила на зъбната двойка и ексцентрицитета. Направена е компютърна симулация на работата на хидромотора с помощта на програмата PumpInx [7], която е една от водещите в компютърната симулация на хидравлични машини.

На фиг. 3 е показано изменението на хидравличното поле, което се получава в хидромотора по време на работа. В зоните, означени с 1 и 2, се вижда момента на контакт между вътрешното колело, което изпълнява сложно кинематично движение и външното колело, което е неподвижно. По този начин се изолират входа и изхода на героторния хидромотор и се оформят зоните с ниско и високо налягане.



Фиг.3 Хидравлично поле и зоните на контакт

Тази разлика в наляганята, между входа и изхода, принуждава ротора на героторния хидромотор да се завърти, като по този начин се преобразува налягането от хидравличната помпа

във въртеливо движение на изходящия вал на хидравличния двигател.

За пресмятане на изходящия въртящ момент се използва следната формула:

$$M = spe \text{ [Nm]}, \quad (1)$$

където:

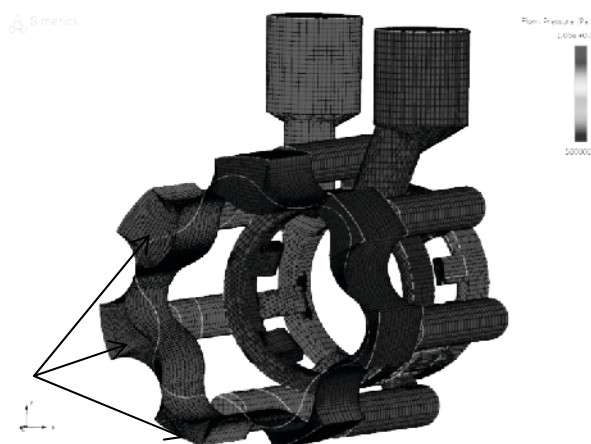
$s$  – площ върху, която действа флуида [cm<sup>2</sup>];

$p$  – налягането [kPa];

$e$  – ексцентрицитета [cm].

Видно е, че при входно налягане от 10MPa на изхода се получава зона с налягане от 0.5MPa.

На фиг. 4 е показан случая при който само три от седемте камери генерират въртящ момент. Това е мининалния брой камери при героторен хидромотор, който има шест зъба на ротора и седем на статора.



Фиг.4 Минимален въртящ момент

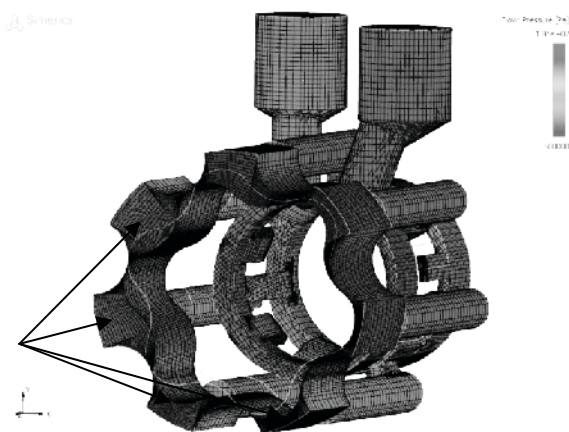
В този случай въртящият момент, които генерира хидромотора ще бъде равен на:

$$M_3 = s_3pe \quad (2)$$

На фиг. 5 е показано положение на героторния хидромотор, в който четирите камери генерират пад на налягането. Областта в която действа хидравличното налягане е най-голяма.

Изходящия въртящ момент ще бъде равен на:

$$M_4 = s_4pe \quad (3)$$

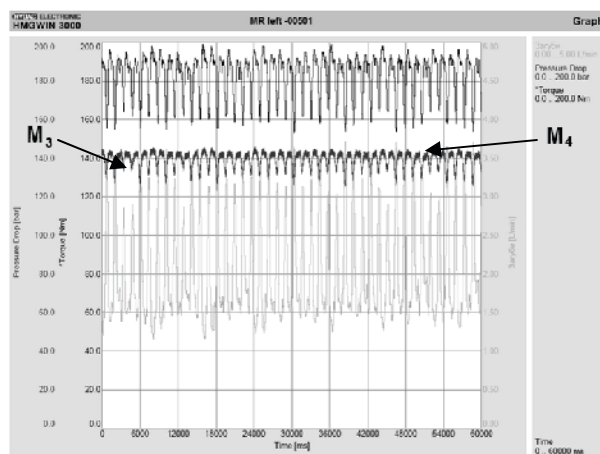


Фиг.5 Максимален въртящ момент

Показаните процеси, протичат циклично в работата на героторния хидромотор. Те обуславят колебанията на въртящия момент, който се генерира от така проектирания хидромотор.

Намаляването на тези колебания ще доведат до по-плавна работа на героторния хидромотор.

На фиг. 6 са показани диаграмите на изменението на загубите, изходящия въртящ момент и пада на налягането в хидромотора за 60 000 ms .



Фиг.6

Чрез тези зависимости и използвайки данните от компютърната симулация, още при проектирането на хидромотора ще може да се изчисли теоритичния въртящ момент, които би генерирал така проектирания хидромотор.

От формулата се вижда, че въртящия момент зависи от обема на героторния

хидромотор и от пада на налягането, което се получава в него. Пада на налягането може да се увеличи с увеличаване на налягането, което генерира хидравличната помпа от една страна и от друга чрез промяна на хлабината между ротора и статора. Това е радиалната хлабина. Аксиалната хлабина, е хлабината между зъбната двойка и капака и зъбната двойка и тялото на хидромотора, също може да се намали чрез използване на операция лепинговане. При нея чрез притриване се намалява височина на грапавините, която е от порядъка на 0.005 мм.

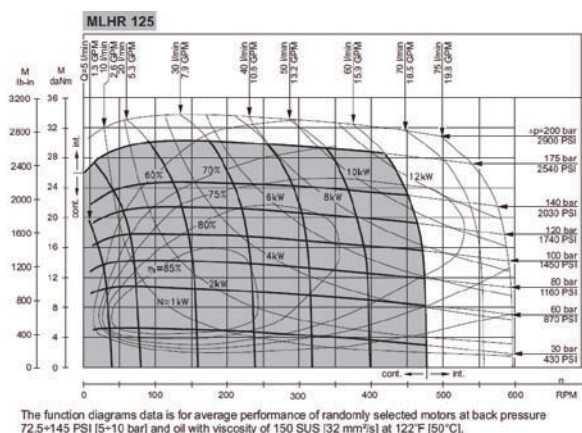
Използвайки компютърната симулация може да се оптимизират колебанията на въртящия момент, или чрез изменение на профила или чрез промяна на броя на зъбите на зъбната двойка.

На фиг. 7 са показани диаграмите на хидромотор произведен от фирма „М+С хидравлик“ гр. Казанлън, които показват как се изменя изходящия въртящ момент във зависимост от входното налягане и оборотите на изходящия вал [8].

За сравнение е избран хидромотор с близък по обем с този на проектирания.

От кривата, показваща как се изменя въртящия момент, при налягане от 100 bar се вижда, че момента се изменя от 15 до 18 daN, във зависимост от оборотите на въртене на хидромотора.

Теоритичният въртящ момент на прототипа, изчислен по формула (1) е 18.9 daN.



Фиг.7 Диаграми, показващи изменението на въртящия момент и оборотите в зависимост от налягането

#### 4. Заключение

Използвайки компютърната симулация е възможно да се изследва изменение на налягането в зъбната двойка, като по този начин се подобрява работата и ефективността ѝ.

С получените резултати ще могат да се намалят колебанията във въртящия момент, които се получава от така проектирания героторен хидромотор.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Комитовски М.(1985), *Елементи на хидро и пневмо-задвижванията*, Трета глава, Техника, София.
2. Solidworks.
3. Aleksiev S., N. Nachev. E. Velev, “Deciphering an existing design gerotor hydraulic gear pair”, *Journal of TEHNOMUS XVII*, “Stefan Cel Mare” University of Suceava, Romania, ISSN-1224-029X, page 430.
4. Алексиев Ст., Н. Начев, Е. Велев. (2013), „Методика за конструиране на хидромашина като определящи са размерите на ролките“, *Сборник доклади от XXII МНТК „АДП-2013“*, Созопол, България, ISSN-1310-3946 стр. 127-130.
5. Алексиев Ст., Е. Велев, Н. Начев. (2013). „Подобряване на техническите параметри на хидромотор, чрез промяна профила на героторната двойка“, *Сборник доклади от XXII МНТК „АДП-2013“*, Созопол, България, ISSN-1310-3946, стр. 117-121.
6. Алексиев Ст., Е. Велев. (2014), “Разработване на различни видове зъбни двойки без сепаратор за хидромотори“, *Сборник доклади от XXIII МНТК „АДП-2014“*, Созопол, България, ISSN-1310-3946, стр. 163 -167.
7. Pumplinx.
8. Каталог на продуктите на фирма „М+С Хидравлик“ АД.

Контакти:  
Адрес: Пловдив, бул.“България“113  
E-mail: emill\_velev@yahoo.com





© Journal of the Technical University – Sofia  
Plovdiv branch, Bulgaria  
“Fundamental Sciences and Applications” Vol. 21, 2015  
International Conference on Engineering, Technologies and Systems  
TECHSYS 2015  
BULGARIA

## ГРАФОАНАЛИТИЧЕН МЕТОД ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА РАБОТНИТЕ ЪГЛИ НА СТРУГАРСКИ НОЖОВЕ

МИРОСЛАВ АЛЕКСИЕВ

**Резюме:** Разработен е графоаналитичен метод за определяне на работните ъгли на стругарски ножове

**Ключови думи:** стругарски ножове, работните ъгли

## GRAPHIC-ANALYTICAL METHOD OF A DETERMINING CUTTING ANGLES FOR TURNING TOOLS

MIROSLAV ALEKSIEV

**Abstract:** The Developed graphic-analytical method of a determining cutting angles for turning tools

**Key words:** Turning tools, cutting angles

### 1. Основни положения

Определянето на работните ъгли на стругарските ножове е от съществена важност за правилната им работа. По принцип е недопустимо задния работен ъгъл в работната равнина да бъде равен на нула или отрицателен, защото ако това условие не е изпълнено няма да има процес на рязане, а на пластична деформация. На практика се препоръчва минималния заден работен ъгъл в работната равнина да бъде по-голям от  $\alpha_{fe} > 3^0$ . Този ъгъл зависи от траекторията на движение на точката от режещия клин в която ще се определя  $\alpha_{fe}$ , както и вида на стругарския нож. Повечето от водещите инструментални фирми предлагат каталози с 3D модели на продаваните от тях стругарски ножове.

Целта на настоящата разработка е да се разработи графоаналитичен метод за определяне на задния работен ъгъл в работната равнина-  
 $\alpha_{fe}$ .

За постигане на поставената цел е необходимо:

- Да се разработят аналитично траекториите изпълнявани на струговите машини.
- Да се свали 3D модела на стругарския нож с който ще се работи.
- Да се ориентира избрания нож и постави точката от неговия режещ клин в която ще се определя  $\alpha_{fe}$  в траекторията на движение на точка, която е аналитично определена.
- Да се определи положението на работните равнини в тази точка на режещия клин и се определи  $\alpha_{fe}$  в нея.
- Да се провери изпълнено ли е условието  $\alpha_{fe} > 3^0$ .

## 2. Разработване на графоаналитичния метод за определяне на $\alpha_{fe}$ .

Определяне на уравненията на движение на точка при струговане [7].

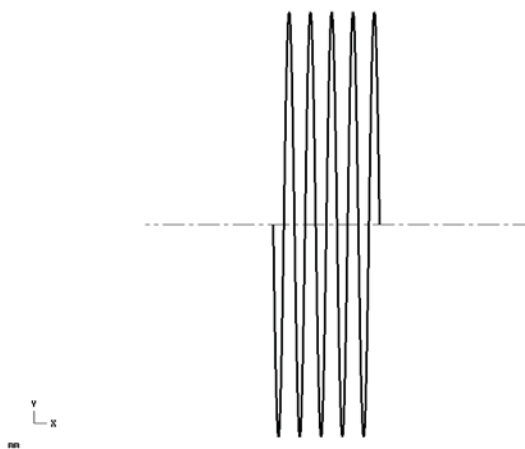
1. Уравнението на движение на точка при цилиндрично струговане е:

$$\begin{aligned} X &= R * \cos ( t ) \\ Y &= R * \sin ( t ) \\ Z &= ( F_z / ( 2 * \pi ) ) * ( t ) \end{aligned} \quad (1.1)$$

където:

- R – радиус на обработваната повърхнина
- $F_z$  – подаване за оборот (mm/tr)
- t - ъглов параметър (  $0-2*\pi = 1$  оборот)

На фиг.1 е показано движение на точка при цилиндрично струговане.

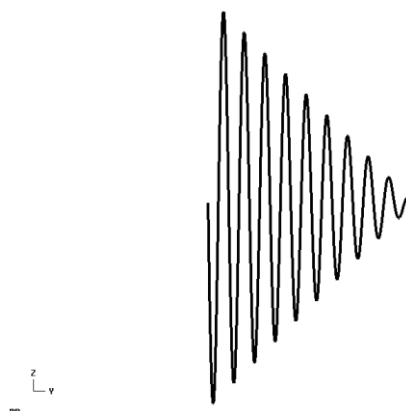


**Фиг.1** Графика на цилиндрично струговане

2. Уравнението на движение на точка при конусно струговане е:

$$\begin{aligned} X &= ( R * \cos ( t ) * ( 1 / 360 ) ) * ( t ) \\ Y &= ( R * \sin ( t ) * ( 1 / 360 ) ) * ( t ) \\ Z &= ( F_z / ( 2 * \pi ) ) * ( t ) \end{aligned} \quad (1.2)$$

На фиг.2 е показано движение на точка при конусно струговане.

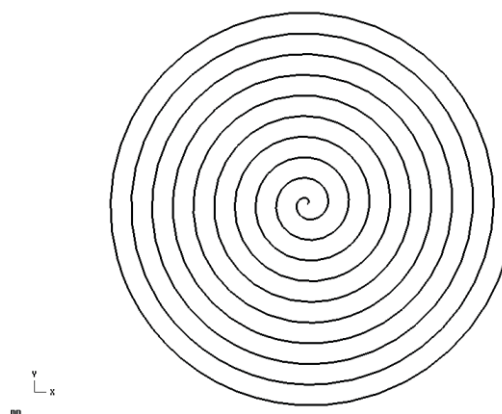


**Фиг.2** Графика на конусно струговане

3. Уравнението на движение на точка при челно струговане е:

$$\begin{aligned} X &= ( R * \cos ( t ) * ( F_x / 360 ) ) * ( t ) \\ Y &= ( R * \sin ( t ) * ( F_y / 360 ) ) * ( t ) \end{aligned} \quad (1.3)$$

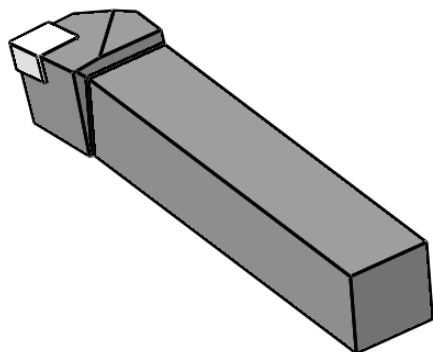
На фиг.3 е показано движение на точка при челно струговане.



**Фиг.3** Графика

3D модел на стругарски нож може да бъде свален от онлайн каталозите на водещите марки производители на инструменти [2].

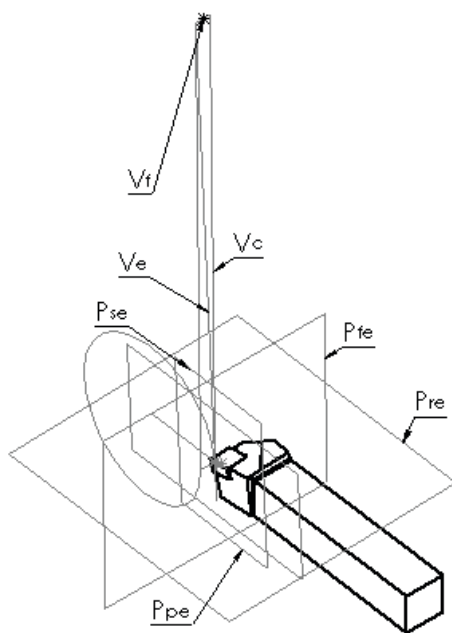
За цилиндрично струговане се подбира нож PCLNR 2525M-12 който е изобразен на фиг. 4



Фиг.4 PCLNR 2525M-12

Подбраните инструменти могат да се поставят във всяка точка от горните криви независимо дали инструментите са за външни или вътрешни повърхнини.

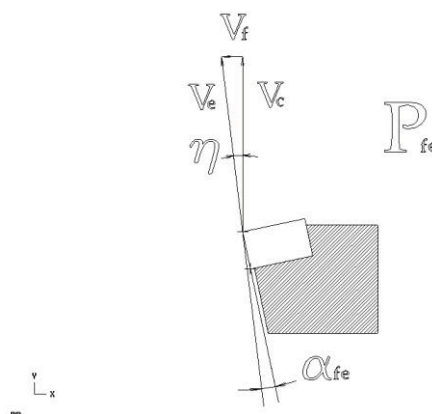
За да се определи задния работен ъгъл в работната равнина  $\alpha_{fe}$  за точка от режещия ръб от ножа е необходимо да се ориентира избрания стругарски нож в координатната система на машината. На фиг. 5 е показано как се ориентира избрания нож по винтова линия за да се обработи цилиндрична повърхнина [3]



Фиг.5 Ориентиране на ножа спрямо кривата при цилиндрично струговане

Ножа се пресича с равнината  $P_{fe}$  и се определя задния работен ъгъл  $\alpha_{fe}$ . Проверява се дали задния работен ъгъл  $\alpha_{fe} > 3^0$  [ 1, 5, 6, 8].

На фиг.6 е показан разреза на ножа в равнината  $P_{fe}$ .



Фиг.6 Разрез на ножа в равнината  $P_{fe}$ .

Скоростта  $V_c$  се изобразява с дължина  $\pi * D$ , а скоростта  $V_f$  се изобразява с дължина равна на осовото подаване (mm/tr). Образувалия се триъгълник определя работната скорост  $V_e$ . От сечението на реалния нож с равнината  $P_{fe}$  се определя  $\alpha_{fe}$  и ако не е изпълнено условието  $\alpha_{fe} > 3^0$  се намалява осовото подаване докато се изпълни условието.

Може да се реши и обратната задача:

Да се завърти пресечницата на  $P_{fe}$  и  $A_\alpha$  на ъгъл  $\alpha_{fe} = 3^0$ . След което да се определи подаването за mm/tr, като през върха на  $V_c$  се построи отсечка успоредна на оста до пресичането с направлението на  $V_e$ . Дължината на тази отсечка е максималното допустимо подаване което осигурява  $\alpha_{fe} > 3^0$ .

### 3. Заключение

Разработен е графоаналитичен метод за определяне на задния работен ъгъл в работната равнина-  $\alpha_{fe}$ .

Разработения метод е приложим при машините с ЦПУ. Чрез този метод може бързо да се проверяват подобрите режими на рязане.

### Контакти

E-mail: miro.0328@gmail.com

### ЛИТЕРАТУРА

1. Вачев А. А. – Рязане на материалите – част 1: Геометрични, кинематични и технологични параметри на процеса рязане. ТУ Пловдив, 2000
2. <http://www.iscar.com/eCatalog/Applications.aspx?map=TG>
3. SolidWorks 2012 x64 Edition
4. Mastercam mill 9
5. Вачев А. А., А. С. Попаров. Работна система и ъгли на движение при струговане. // *Journal of the Technical University at Plovdiv. "Fundamental Sciences and Applications"*, Vol. 13 (6), ISSN 1310-8271, 59-70, 2006. Anniversary Scientific Conference' 2006.
6. Вачев А. А., А. С. Попаров. Инструментални координатни системи, равнини и ъгли. //8 *МНТК по Авангардни машиностроителни обработки АМО'2008*, Кранево, 93-102, 2008.
7. Попаров А. С. Работни координатни системи и равнини, когато траекторията на работното движение е равнинна или пространствена крива. // *Journal of the Technical University at Plovdiv. "Fundamental Sciences and Applications"*, Vol. 16 (2), ISSN 1310-8271, 57-60, 2011. International Conference Engineering, Technologies and Systems, TechSys 2011.
8. Вачев А. А. Методология за преобразуване на инструменталните ъгли в работни и обратно – алтернатива на ISO 3002/2. // *Journal of the Technical University at Plovdiv. "Fundamental Sciences and Applications"*, Vol. 13 (6), 51-58, 2006. Anniversary Scientific Conference' 2006

Авторът изказва благодарност за финансиране на участието в научната конференция по научноизследователски проект в помощ на докторанти.





## ИНСТРУМЕНТАЛНИ ЪГЛИ НА СТРУГАРСКИ НОЖОВЕ ЗА ОБСТЪРГВАНЕ С НАКЛОНЕН ПРАВОЛИНЕЕН ГЛАДЪК РЕЖЕЩ РЪБ

АНГЕЛ ПОПАРОВ

**Резюме:** В [1] е обоснована некоректността на наложилото се в техническата литература понятие “безвърхови стругарски ножове”. Редно е за този вид инструменти да се използва терминът „стругарски ножове с наклонен гладък режещ ръб“. В разработените схеми ясно и еднозначно са определени и онагледени инструменталните ъгли на стругарски ножове за обстъргване с наклонен праволинеен гладък режещ ръб за две точки от активната част на ръба – за върха и точката в края на активната част.

**Ключови думи:** стругарски нож, схема на рязане, връх на инструмента, режещ ръб

## TOOL ANGLES OF TURNING TOOLS WITH INCLINING LINEAR SMOOTH CUTTING EDGE

ANGEL POPAROV

**Abstract:** The incorrectness of the widely used in the technical literature notion “noseless turning tools” is grounded in [1]. Instead the term “turning tools with inclining smooth cutting edge” is appropriate to be used for this type of tools. The tool angles of the turning tools with inclining linear smooth cutting edge are clearly determined and illustrated for two points of the active cutting edge – for the nose and the end of the active part in the developed diagrams.

**Key words:** turning tool, cutting edge, cutting edge corner (nose), cut

### 1. Изложение

Съгласно [2,3,4] инструменталната координатна система и равнини се определят за точка от главния режещ ръб на ножа. Характерни точки в случая са върхът на инструмента и точката в края на активната част  $l_{s_a}$  на режещия ръб. Върхът на ножа се установява на линията на центрите на машината и не е проблем определянето на инструменталните ъгли за него. Независимо от това, в някои работи [5] е допусната неточност като главният установъчен ъгъл  $\kappa_r$  е показан отрицателен, а за всички инструменти  $\kappa_r \geq 0$  [3,4]. При ъгъл на наклона на главния режещ ръб  $\lambda_s \neq 0$ , за точки по дължината на активната част

$l_{s_a}$  на режещия ръб и в частност за края, направлението на рязане е по тангентата към движението на рязане (в случая кръгово въртливо). В резултат инструменталните ъгли не са еднакви по дължината на режещия ръб.

В [6] са предложени зависимости за определяне на инструменталните ъгли на проходни и разстъргващи стругарски ножове с наклонен праволинеен режещ ръб.

Съгласно представената в [1] класификация проходните ножове с наклонен гладък режещ ръб биват с праволинеен, изпъкнал или вдлъбнат главен режещ ръб.

В [3,4] са предложени зависимости за определяне на инструменталните ъгли на

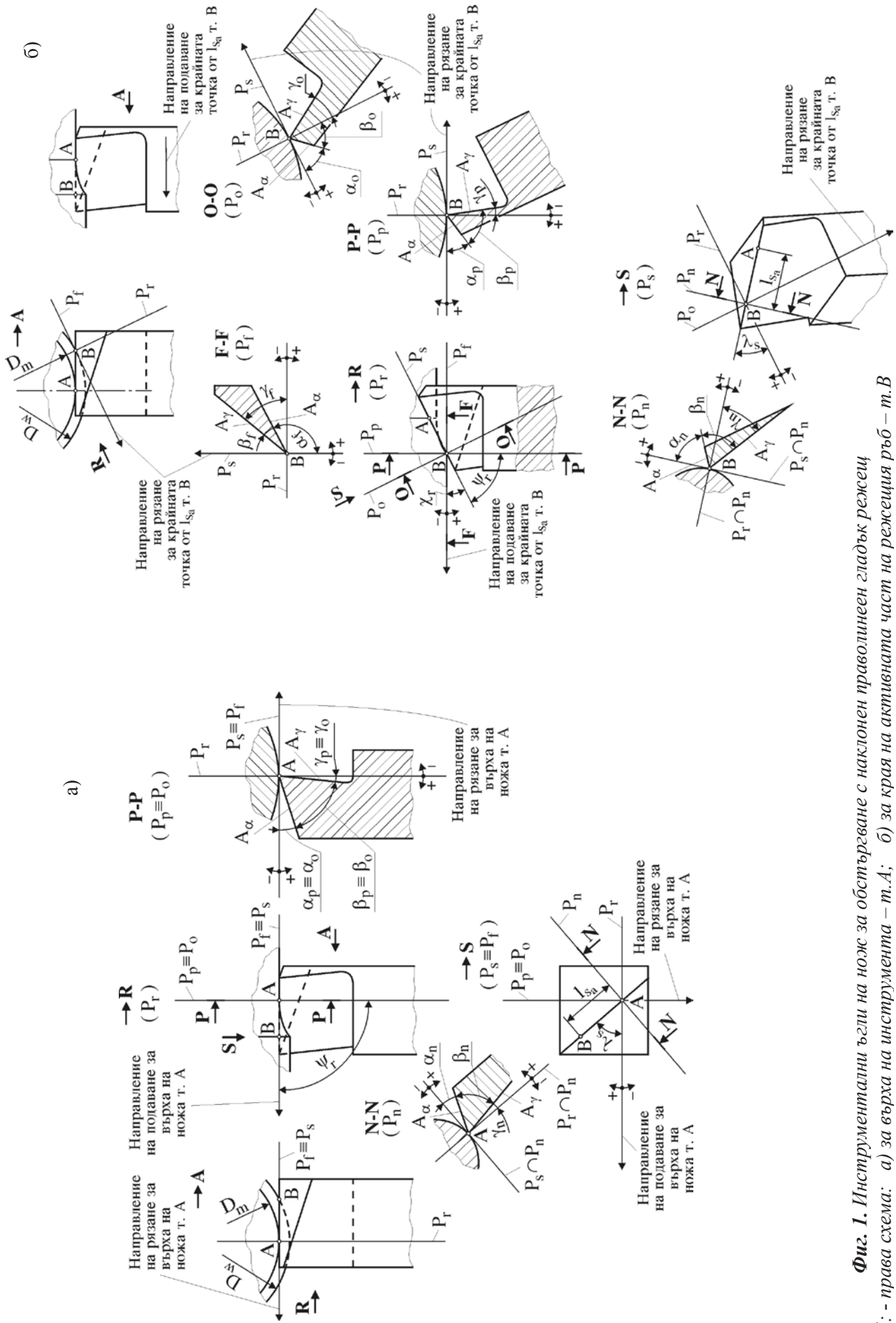
проходни и разстъргващи стругарски ножове с наклонен праволинеен режещ ръб – табл. 1.

Отчитайки горните особености в следващото изложение са изяснени и определени инструменталните ъгли на стругарски ножове за обстъргване с наклонен праволинеен гладък режещ ръб.

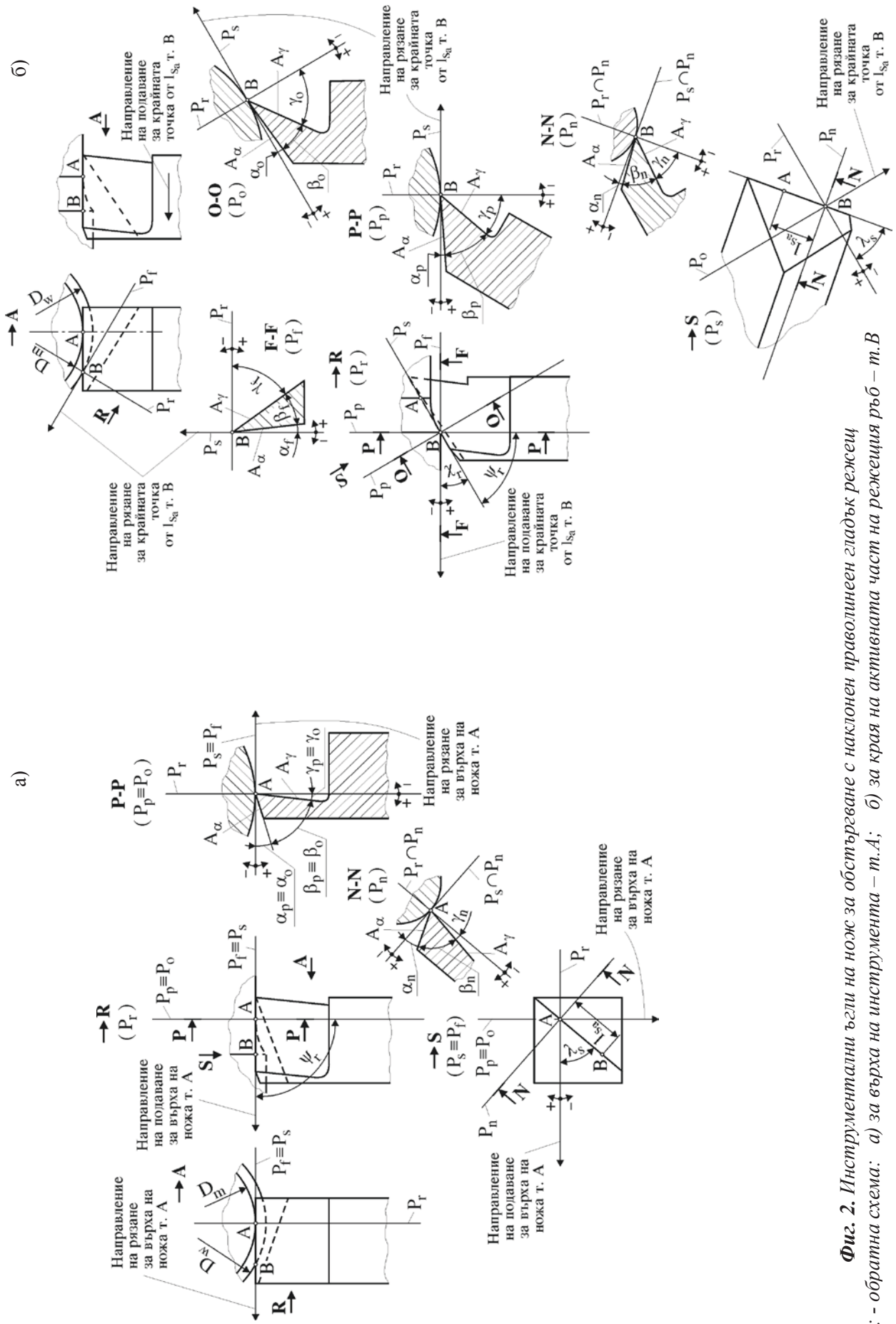
За геометричните параметри (фиг. 1 и 2) е направен анализ на зависимостите между инструменталните ъгли съгласно Таблица 1, и всички те са валидни за стругарските ножове за обстъргване с наклонен праволинеен гладък режещ ръб съгласно [3,4].

Таблица 1. Зависимости между инструменталните ъгли [3,4]

	$\chi_r$	$\lambda_s$	$\alpha_o$	$\gamma_o$	$\chi_r$	$\lambda_s$	$\alpha_n$	$\gamma_n$	$\alpha_p$	$\alpha_f$	$\gamma_p$	$\gamma_f$	$\theta_r$	$\delta_r$	$\alpha_b$	$\gamma_g$	
$\chi_r$										$\text{tg}\chi_r = \frac{\text{ctg}\alpha_f - \text{tg}\gamma_f}{\text{ctg}\alpha_p - \text{tg}\gamma_p}$			$\text{tg}\chi_r = \frac{\text{ctg}\alpha_b \cdot \cos\theta_r - \text{tg}\gamma_g \cdot \cos\delta_r}{\text{ctg}\alpha_b \cdot \sin\theta_r - \text{tg}\gamma_g \cdot \sin\delta_r}$				
$\lambda_s$									$\text{tg}\lambda_s = \sin\chi_r \cdot \text{ctg}\alpha_p - \cos\chi_r \cdot \text{ctg}\alpha_f = \sin\chi_r \cdot \text{tg}\gamma_p - \cos\chi_r \cdot \text{tg}\gamma_f$				$\text{tg}\lambda_s = -\frac{\cos(\chi_r + \theta_r)}{\text{tg}\alpha_b} = -\text{tg}\gamma_g \cdot \cos(\chi_r + \delta_r)$				
$\alpha_o$							$\text{tg}\alpha_o = \text{tg}\alpha_n \cdot \cos\lambda_s$			$\text{ctg}\alpha_o = \cos\chi_r \cdot \text{ctg}\alpha_p + \sin\chi_r \cdot \text{ctg}\alpha_f$			$\text{tg}\alpha_o = \frac{\text{tg}\alpha_b}{\sin(\chi_r + \theta_r)}$				
$\gamma_o$							$\text{tg}\gamma_o = \frac{\text{tg}\gamma_n}{\cos\lambda_s}$			$\text{tg}\gamma_o = \cos\chi_r \cdot \text{tg}\gamma_p + \sin\chi_r \cdot \text{tg}\gamma_f$			$\text{tg}\gamma_o = \text{tg}\gamma_g \cdot \sin(\chi_r + \delta_r)$				
$\alpha_n$							$\text{tg}\alpha_n = \frac{\text{tg}\alpha_o}{\cos\lambda_s}$			$\text{ctg}\alpha_n = (\cos\chi_r \cdot \text{ctg}\alpha_p + \sin\chi_r \cdot \text{ctg}\alpha_f) \cdot \cos\lambda_s$			$\text{tg}\alpha_n = \frac{\text{tg}\alpha_b}{\cos\lambda_s \cdot \sin(\chi_r + \theta_r)}$				
$\gamma_n$							$\text{tg}\gamma_n = \text{tg}\gamma_o \cdot \cos\lambda_s$			$\text{tg}\gamma_n = (\cos\chi_r \cdot \text{tg}\gamma_p + \sin\chi_r \cdot \text{tg}\gamma_f) \cdot \cos\lambda_s$			$\text{tg}\gamma_n = \text{tg}\gamma_g \cdot \cos\lambda_s \cdot \sin(\chi_r + \delta_r)$				
$\alpha_p$							$\text{ctg}\alpha_p = \cos\chi_r \cdot \frac{\text{ctg}\alpha_n}{\cos\lambda_s} + \sin\chi_r \cdot \text{tg}\lambda_s$						$\text{ctg}\alpha_p = \sin\theta_r \cdot \text{ctg}\alpha_b$				
$\alpha_f$							$\text{ctg}\alpha_f = \sin\chi_r \cdot \frac{\text{ctg}\alpha_n}{\cos\lambda_s} - \cos\chi_r \cdot \text{tg}\lambda_s$						$\text{ctg}\alpha_f = \cos\theta_r \cdot \text{ctg}\alpha_b$				
$\gamma_p$							$\text{tg}\gamma_p = \cos\chi_r \cdot \frac{\text{tg}\gamma_n}{\cos\lambda_s} + \sin\chi_r \cdot \text{tg}\lambda_s$						$\text{tg}\gamma_p = \sin\delta_r \cdot \text{tg}\gamma_g$				
$\gamma_f$							$\text{tg}\gamma_f = \sin\chi_r \cdot \frac{\text{tg}\gamma_n}{\cos\lambda_s} - \cos\chi_r \cdot \text{tg}\lambda_s$						$\text{tg}\gamma_f = \cos\delta_r \cdot \text{tg}\gamma_g$				
$\theta_r$							$\text{tg}(\chi_r + \theta_r) = -\frac{\text{ctg}\alpha_o}{\text{tg}\lambda_s}$			$\text{tg}\theta_r = \frac{\text{tg}\alpha_f}{\text{tg}\alpha_p}$							
$\delta_r$							$\text{tg}(\chi_r + \delta_r) = -\frac{\text{tg}\gamma_o}{\text{tg}\lambda_s}$			$\text{tg}\delta_r = \frac{\text{tg}\gamma_p}{\text{tg}\gamma_f}$							
$\alpha_b$							$\text{ctg}\alpha_b = \pm \sqrt{\frac{\text{ctg}^2\alpha_n + \text{tg}^2\lambda_s}{\cos^2\lambda_s}}$			$\text{ctg}\alpha_b = \pm \sqrt{\text{ctg}^2\alpha_p + \text{ctg}^2\alpha_f}$							
$\gamma_g$							$\text{tg}\gamma_g = \pm \sqrt{\frac{\text{tg}^2\gamma_n + \text{tg}^2\lambda_s}{\cos^2\lambda_s}}$			$\text{tg}\gamma_g = \pm \sqrt{\text{tg}^2\gamma_p + \text{tg}^2\gamma_f}$							



Фиг. 1. Инструментални ъгли на нож за обстъргване с наклонен праволинеен гладък режещ ръб: - права схема: а) за върха на инструмента – т.А; б) за края на активната част на режещия ръб – т.В



Фиг. 2. Инструментални ъгли на нож за обстъргване с наклонен праволинеен гладък режещ ръб: а) за върха на инструмента – т.А; б) за края на активната част на режещия ръб – т.В



## 2. Заключение

Настоящата работа представя възможните схеми на рязане и инструменталните ъгли на ножове за обстъргване с наклонен праволинеен гладък режещ ръб и може да служи като справочно пособие за определяне на геометрията на тези инструменти в практиката.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Попаров, А. (2014) 'Стругарски ножове с наклонен гладък режещ ръб - класификация', *Научна конференция – РУ&СУ'14*, том 53, серия 2, Русе, с. 84÷88.
2. Вачев, А. (2000) *Рязане на материалите. Част 1: Геометрични, кинематични и технологични параметри на процеса рязане*, Пловдив: ТУ.
3. DIN 6581, Begriffe der Zerspantechnik: Bezugssysteme und Winkel am Schneidteil des Werkzeuges.
4. ISO 3002/1-1982(E), Basic quantities in cutting and grinding - Part 1: Geometry of the active part of cutting tools - General terms, reference systems, tool and working angles, chip breakers.
5. Вичев, С. *Изследване на процеса на рязане с широки безвърхови ножове с наклонен режещ ръб*. Автореферат към дисертация, ВТУ, Русе, 27 с.
6. Киров К. (1989) 'Определяне на статичните ъгли на ножове с наклонени режещи ръбове', *Машиностроене*, София, кн. 6, с. 245.

### Контакти

д-р Ангел Стоилов Попаров,  
Катедра "Машиностроителна техника и технологии", ТУ - София, Филиал  
Пловдив, тел.: 0895 587 396,  
e-mail: poparan@tu-plovdiv.bg





## ЕКСПЛОАТАЦИОННО ИЗПИТВАНЕ НА РОЛКОВА ЕДНОПОСОЧНА РАДИАЛНА ЛАГЕРНА ОПОРА /РЕРЛО/

СТАНИСЛАВ АЛЕКСИЕВ, СТОЙЧО СТОЕВ

**Резюме:** В публикацията е разгледан въпроса, касаещ експлоатационните възможности на нова конструкция на еднопосочен съединител, създадена по схемата на РЕРЛО.

**Ключови думи:** еднопосочен съединител, схема на закливане, еднопосочен лагер

## PERFORMANCE TESTING OF CONSTRUCTION OF OVERRUNNING RADIAL BEARING SUPPORTS

STANISLAV ALEKSIEV, STOYCHO STOEV

**Abstract:** This publication is discussing the performance capabilities of a new one-way clutch construction created by using a new locking schema based on RERLO.

**Key words:** one-way clutch, locking schema, overrunning bearing

### 1. Въведение

Конструкцията на еднопосочен съединител, създадена по схемата на закливане на РЕРЛО, е подходяща за вграждане в структурата на механичен вариатор. Експлоатационните условия за изпитване са:

-предаван въртящ момент от 20 до 200Nm

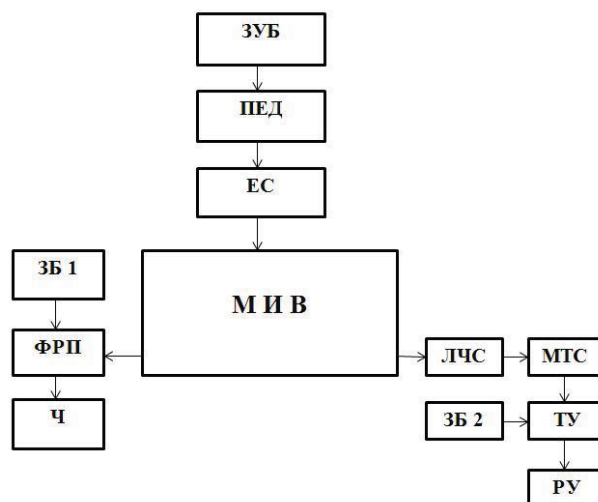
-честота на включване и изключване от 20 до 1000 броя в минута

Направен е сравнителен анализ с експлоатационните възможности на еднопосочен съединител със същите габаритни размери по Нормала МН 3-16.

### 2. Теоретични основи

За провеждане на изпитанията е проектиран и изработен стенд, работещ като триимпулсен механичен вариатор. На неговия изходен вал са монтирани лентово-челюстна

спирачка и фото-растеров преобразувател. Те служат за създаване на експлоатационните условия на изпитване.



Фиг.1. Блокова схема на изпитателния стенд

Легенда:

1.МИВ- механичен импулсен вариатор

2. ЕС – еластичен съединител
3. ПЕД – постоянно-токов електродвигател
- 4.ЗУБ - захранващ и управляващ блок за ПЕД
5. ФРП – фото-растеров преобразувател
6. ЗБ 1 – захранващ блок за ФРП
- 7.Ч – честотомер
8. ЛЧС – лентово-челюстна спирачка
9. ТМС – тензометрична мостова измервателна система
10. ТУ – тензоусилвател
11. ЗБ 2 – захранващ блок за ТУ
12. РУ – регистриращо устройство

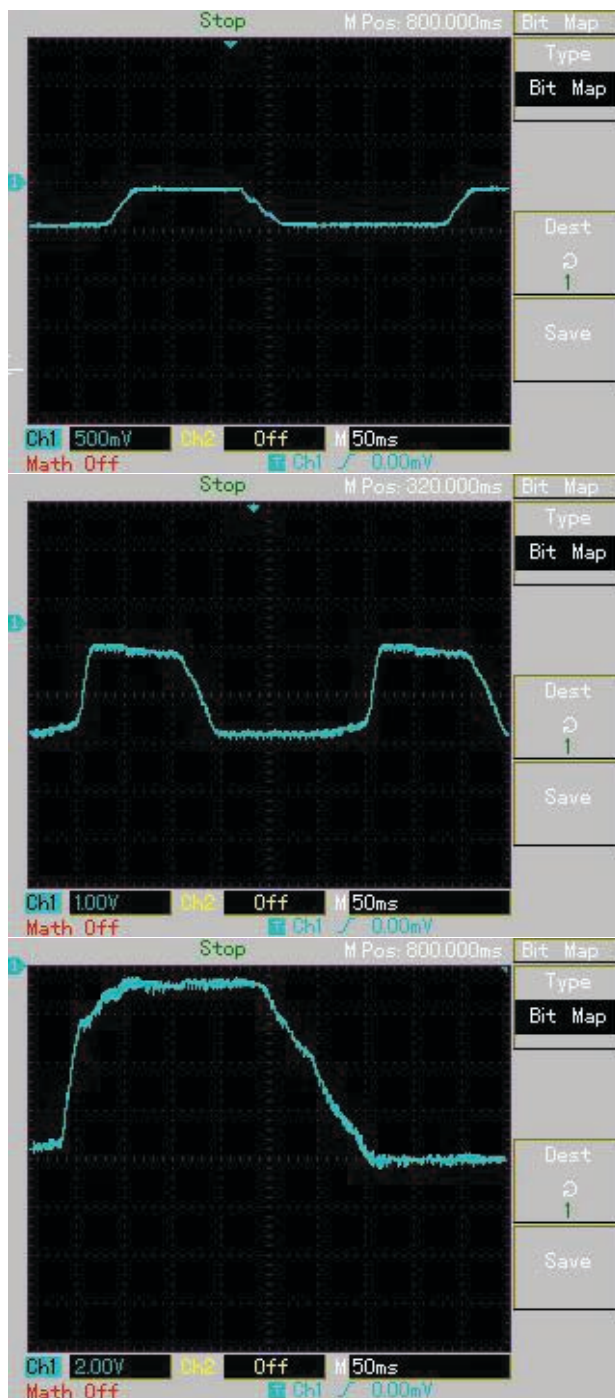
Сигнала от натоварването се отчита от тензометричен мост и се усилва. Регистрира се от електронен записващ осцилоскоп на екрана и върху магнитен носител. За контрол на резултатите, чрез подходящ софтуер, те се регистрират успоредно и на монитора на персонален компютър. Блоквата схема на изпитателния стенд е показана на фиг.1.

За да има адекватност на получените резултати, така описаната измервателна система е тарирана с еталонни тежести спрямо амплитудата на получения сигнал.

По време на изпитването се следи за плавност на графиката на предавания въртящ момент. При отказ на някой от трите съединителя се очаква да се получи срив в амплитудата на сигнала. По време на изпитванията такъв не е получен за никой от изпитваните съединители за всички диапазони на промяна на експлоатационните условия.

### 3. Изпитване на създадената конструкция

От експериментите са получени графики на промяната на въртящия момент на водимото звено по време на периодичното движение на водещото. Резултатите са сравнени и анализирани с графиките, получени при изпитване на стандартен механизъм със свободен ход с близки габаритни размери / нормала МН= 3-61/. Осцилограмите показват качествените характеристики на изменението на въртящия момент за пълния цикъл на движение на механизма със свободен ход.

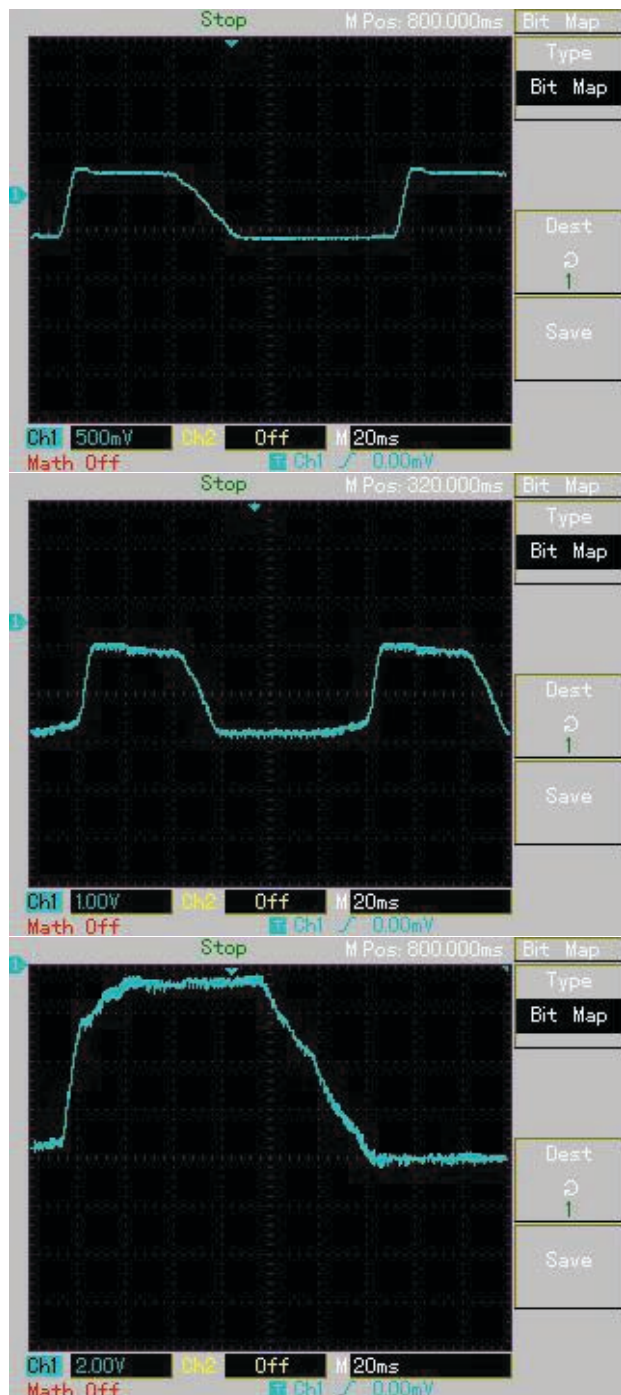


Фиг.2

Анализът по фиг.2 показва, че при малък брой включения и изключения, двата сравнявани механизма се държат по аналогичен начин. Импулсите са плавни и с ясно очертани зони на заклиняване и разклиняване. По време на заклиняно и разклиняно състояние липсват пикове в графиките на предавания въртящ момент. При задаване на различните по стойност пренасяни въртящи моменти се работи с различна резолюция на екрана на осцилоскопа. За всеки екран се прави тариране на измервателната система. При повишаване на оборотите на водещия механизъм нараства броя на включенията и изключенията. Започва да се наблюдава образуването на пик в края на



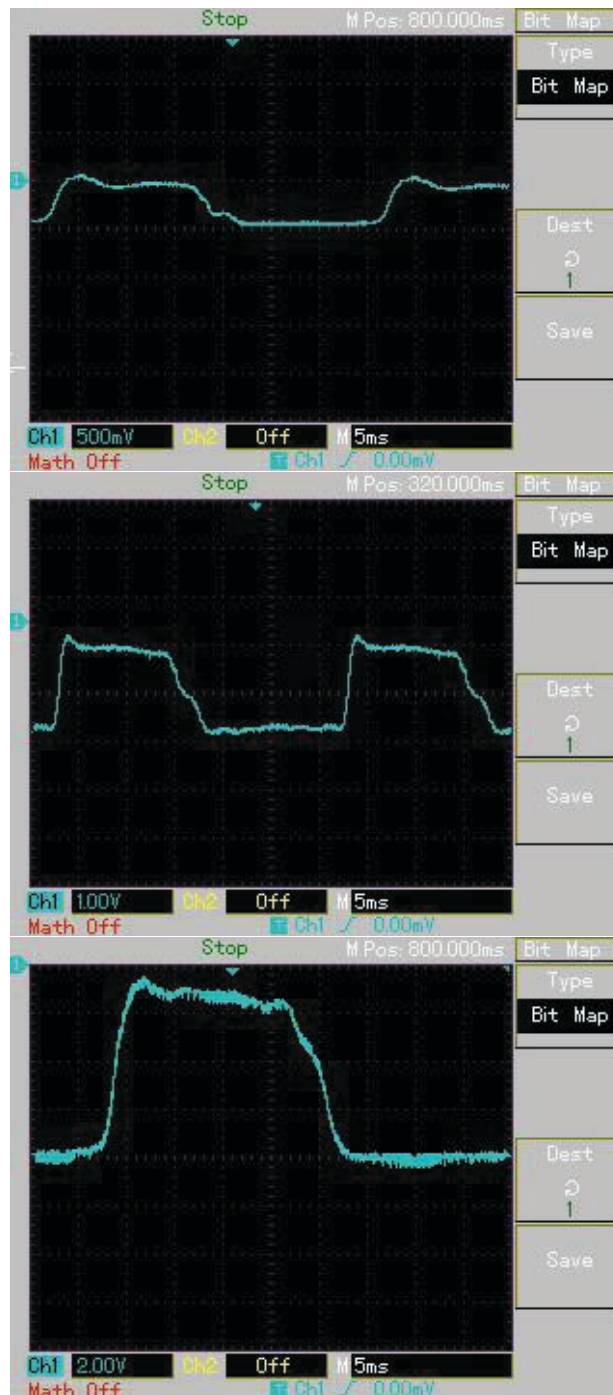
момента на закливане на стандартния механизъм.



Фиг.3

Това е ясно изразено при достигане на 450 цикъла на включване и изключване в минута. Този пик се наблюдава при различните стойности на предавания въртящ момент. Това се обяснява с динамичното натоварване на

звената на механизма, вследствие на увеличената скорост.



Фиг.4

При изпитването на новата конструкция на еднопосочната лагерна опора, характера на първоначалната осцилограма се запазва до 700 цикъла на включване и изключване. Причината за това вероятно се явява по-високата стабилност и коравина на механизма като цяло.

С увеличаването на скоростта на включванията и изключванията над 500 цикъла в минута при стандартния механизъм върху осцилограмата се наблюдава втори пик. Това пикообразно изменение на големината на въртящия момент при включено състояние се обяснява с динамичния характер на натоварването в процеса на закливане. Втория пик е по-плавен от първия, но е с по-малка височина. Върху осцилограмите на изпитвания нов механизъм първият пик при заклинено състояние започва да се появява при достигане на скорост около 800 цикъла в минута. Наблюдава се устойчивост и повторимост на стойността на предавания въртящ момент. Това освен на описаните по-горе обяснения се дължи и на по-големия брой закливащи групи ролки в предложената конструкция. При стандартните механизми, когато броя на циклите достигне 1000 в минута, динамичния характер на натоварването в периода на закливането е още по-рязко изразен. Характерното е, че непосредствено след закливането при тази скорост настъпва разкливане на механизма. Динамичния момент, действащ на водимото звено е с голяма стойност. Той е способен да преодолее съпротивителния момент по време на целия период до разкливането на съединителя. Водимото звено започва да изпреварва водещото, непосредствено след момента на закливането. При проведени изследвания, както се вижда от осцилограмите, периода на разкливане е винаги по-дълъг от този при закливане. С нарастването на броя на циклите на включване и изключване се наблюдава относително удължаване на времето на свободния ход за сметка на това при заклинено състояние. От съпоставянето на диаграмите се вижда, че при новата конструкция времената на периодите на закливане и разкливане са силно намалени. Това се обяснява с по-високата динамична стабилност на механизма със свободен ход, изграден по схемата на РЕРЛО. Необходимо е да се отбележи, че предавания от механизма въртящ момент, поради липса на пикове в

осцилограмите, по големина малко се отличава от пресметнатите теоретични стойности. Работата на механизма е плавна и безшумна. Показва по-добра работоспособност от стандартните образци, изградени съответно с три и пет закливащи тела, при заложените експлоатационни условия.

#### 4. Заключение

В резултат на проведените аналитични и експериментални изследвания е доказана възможността, целесъобразността и ефективността от създаването на конструкции на еднопосочни съединители по новопроложената схема на закливане на РЕРЛО. Конструкциите работят едновременно като механизъм със свободен ход и радиален ролков лагер. Съчетаването на двете функции прави конструкциите изключително технологични и компактни в сравнение със съществуващите досега.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Стоев Ст., Лилов Св., Геометричен синтез и взаимовръзка между елементите на РЕРЛО, Известия на ТУ- филиал Пловдив, том 6 "Технически науки" 1999г.
2. Кисьов Ив., Съпротивление на материалите, София, 1957

Контакти

E-mail: [stanislav\\_al@abv.bg](mailto:stanislav_al@abv.bg)

E-mail: [stevini@abv.bg](mailto:stevini@abv.bg)

Авторите изказват благодарност за финансиране на участието в научната конференция по научноизследователски проект в помощ на докторанти №142ПД0070-24.



## ПРОЕКТИРАНЕ И ИЗРАБОТВАНЕ НА СТЕНД ЗА ИЗПИТВАНЕ НА ЕДНОПОСОЧНИ СЪЕДИНИТЕЛИ

СТОЙЧО СТОЕВ, СТАНИСЛАВ АЛЕКСИЕВ

**Резюме:** Конструираният и изработен стенд, описан в разработката е предназначен за експериментално изпитване на ролкови еднопосочни радиални лагерни опори /РЕРЛО/, работещи в структурата на механичен импулсен вариатор.  
**Ключови думи:** импулсен вариатор, еднопосочен съединител, лагерна опора

## PLANNING AND CREATION OF A TESTING STAND FOR ONE-WAY CLUTCHES

STOYCHO STOEV, STANISLAV ALEKSIEV

**Abstract:** The constructed stand discussed in the publication is created in order to test the performance of overrunning radial bearing supports, working in the structure of an mechanical impulse variators.

**Key words:** impulse variator, one-way clutch, bearing supports

### 1. Основни положения

Проектирането и изработването на стенд за изпитване на създадената конструкция на еднопосочен съединител е разделено на два етапа.

Първият етап включва проектирането и изработването на механичната част на стенда. Тя трябва да осигури условията за изпитване.

Вторият етап е свързан с комплектоването на стенда с необходимата измервателна апаратура и нейното тариране.

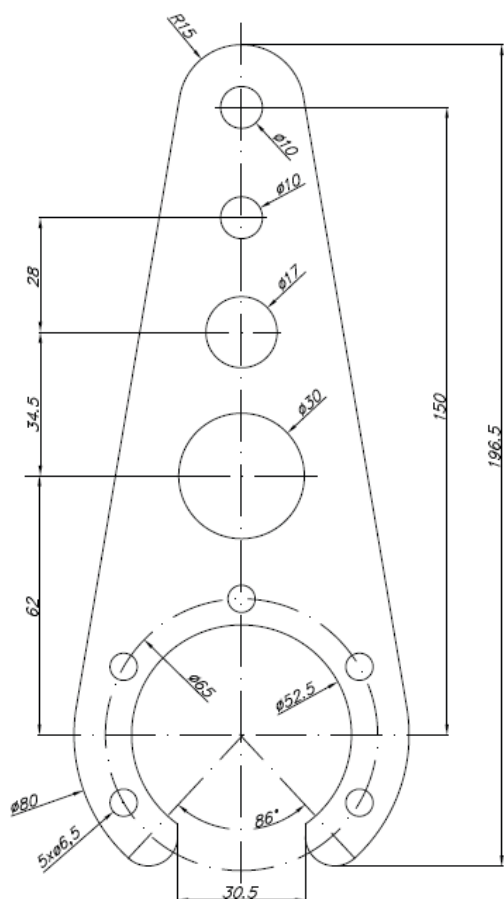
Изискванията поставени пред новата конструкция на РЕРЛО са:

1. Да е подходяща за вграждане в структурата на механичен импулсен вариатор.

2. Да удовлетворява експлоатационните изисквания, предявявани по Нормала МН 3-16, към механизъм с близки габаритни размери.

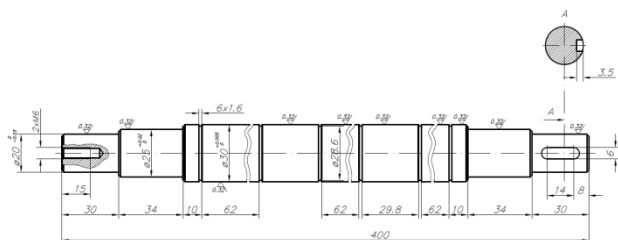
### 2. Проектиране и изработване на стенд за изпитване

При проектирането на стенда за изпитване е заложено да се работи едновременно с три броя еднопосочни съединители. Така се очаква те да работят при еднакви експлоатационни условия. За това вместо да бъдат изработвани съответния брой вътрешни полусъединители е изработен общ вал. Върху него на определени места по дължината му са изработени шийки. Техните диаметрални размери отговарят на размерите на работната повърхнина на вътрешния полусъединител. Така върху този вал се имитират едновременно три механизма със свободен ход. Валът ще бъде водимото звено на импулсния вариатор. Този вариатор ще бъде триимпулсен. В случая е спазено основното изискване при вграждане в такава структура, водещото звено на механизма да бъде външния полусъединител. Необходимо е той да получи колебателно движение от лостовата система чрез рамената на импулсния вариатор- фиг.1.



Фиг.1 Рамо от лостовата система

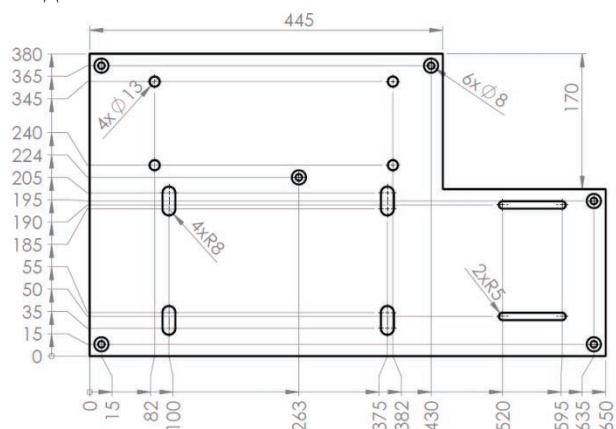
Под формата на три импулса с фаза  $120^{\circ}$ , трите монтирани върху вала еднопосочни съединителя се очаква да го задвижват непрекъснато. Задвижвания вал е двустранно лагериран-фиг.2. Върху него има изработени допълнително две шийки. Върху едната е монтирана лентова спиралка. Чрез нея по време на изпитването ще се създава съпротивителен момент върху водимия вал. По този начин ще се имитира натоварване на трите съединителя при еднакви условия. Върху другата цилиндрична шийка на вала се монтира фоторастеров преобразувател. Чрез него се създава възможност да се отчитат броя на включванията и изключванията, последователно за всеки от монтираните механизми.



Фиг.2 Изходящ вал

За да бъде изграден механичен импулсен вариатор е необходимо звено за създаване на колебателно движение. Използван е колянотомовилков механизъм с три броя колена,

дефазирани на  $120^{\circ}$ . Той е двустранно лагериран върху търкалящи лагери. Трите мотовилки на колянвия вал са шарнирно свързани с неподвижно захванатите съответни лостове към трите външни полусъединителя на механизмите. Чрез изработен подходящ фланец, върху колянвия вал е монтиран еластичен съединител. За задвижване на импулсния вариатор е предвиден правотоков електродвигател с необходимата мощност. Той дава възможност за промяна на оборотите от 0 до 2000 об/мин. Електродвигателят придава движение към колянвия вал чрез еластичния съединител.



Фиг.3 Основна плоча

Това дава възможност да се осигури плавно задвижване на създадената механична система. Всички компоненти на системата са монтирани на достатъчно стабилна основна плоча- фиг.3.

Цялостната компоновка на механичната част на измервателния стенд е показана на фиг.4.

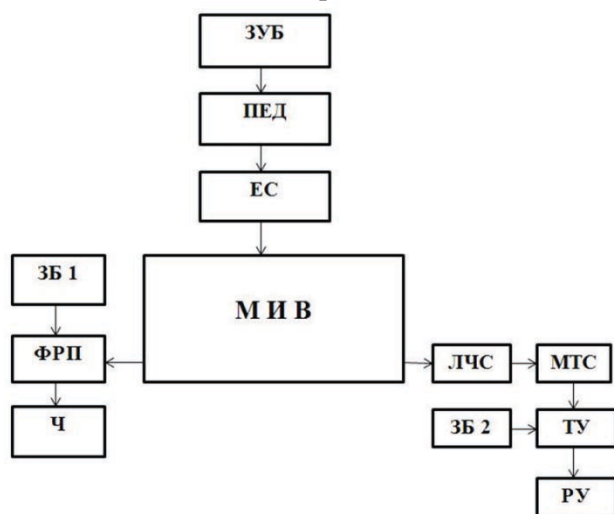


Фиг.4 Механична част на стенда за изпитване

На втория етап, механичният стенд е окомплектован с измервателна апаратура. Чрез нея е създадена възможност за задаване на експлоатационните условия за изпитване на създадените конструкции еднопосочни



съединители. Блокова схема на стенда за изпитване е показана на фиг.5.



Фиг.5.Блокова схема на стенда за изпитване

Легенда:

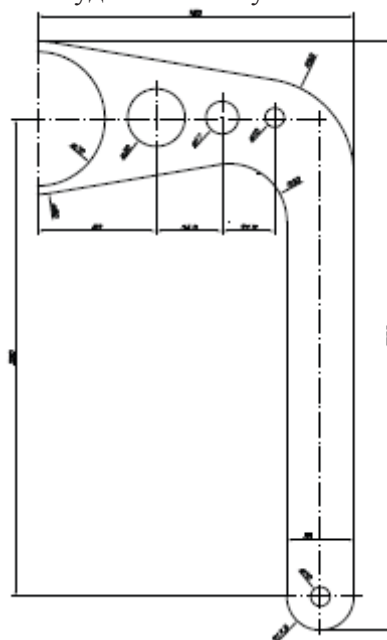
- 1.МИВ- механичен импулсен вариатор
2. ЕС – еластичен съединител
3. ПЕД – постоянно-токов електродвигател
- 4.ЗУБ - захранващ и управляващ блок за ПЕД
5. ФРП – фото-растеров преобразувател
6. ЗБ 1 – захранващ блок за ФРП
- 7.Ч – честотомер
8. ЛЧС – лентово-челюстна спирачка
9. ТМС – тензометрична мостова измервателна система
10. ТУ – тензоусилвател
11. ЗБ 2 – захранващ блок за ТУ
12. РУ – регистриращо устройство

Лостовата система на лентово-челюстната спирачка е шарнирно свързана с мостовата тензометрична измервателна система.

При завъртане на изходния вал на механичната система се получава съпротивителен момент от спирачката. Последващото завъртане на нейната лостова система ще разбалансира тензометричния мост. Сигналят от разбалансирането на моста е пропорционален на създадения от спирачката съпротивителен въртящ момент за механичната система. Полученият сигнал се усилва от тензометричен усилвател. Така усиления сигнал е аналогов. Сигналят се подава на входа на регистриращия уред. Като такъв е използван електронен записващ осцилоскоп. С помощта на софтуер сигнала е модулиран и може да бъде следен на монитора на персонален компютър.

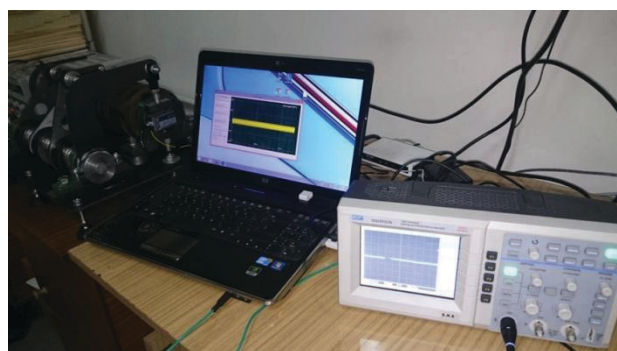
За да има адекватност на получените резултати, така описаната измервателна система

е тарирана с еталонни тежести спрямо амплитудата на получения модулиран сигнал.



Фиг.6 Лост на лентовата спирачка

Посредством електронна схема са подтиснати шумовете на получавания сигнал-фиг.7.



Фиг.7

Чрез така описаната тарирана измервателна система се дава възможност да се задават различни стойности на въртящия момент, пренасян при едни и същи условия от трите изпитвани еднопосочни съединителя. Изпитването е извършено при задаване на въртящи моменти: 25; 50; 100 и 200 Nm.

Задаване на честотата на включванията и изключванията на еднопосочните съединители се постига, чрез промяна на оборотите на постоянно токовия електродвигател. Отчитането на оборотите на изходния вал на системата става, чрез монтиран върху него фото-растеров преобразувател. При изпитванията честотата на включване и изключване се променя в диапазона 20÷1000 броя в минута.

### 3. Заключение

Проектираният и изработен стенд, дава възможност за експлоатационно изпитване на еднопосочни съединители, монтирани в структурата на механичен триимпулсен вариатор. Условието за изпитване са еднозначни и адекватни за монтираните три образеца на еднопосочни съединители. Изработения стенд впоследствие ще се използва за изследване закона на движение на водения вал на импулсния вариатор.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Стоев Ст., Лилов Св., Алексиев Ст. Изследване възможностей улущения технологических характеристик и расширения области приложения механизмов свободного хода. сп. Известия на Технически университет София – ф-л Пловдив, том 6, Технически науки 1999 г., 155-157.

2. Stoev St., Some technical solutions leading to improvement of technological qualities of

the construction of overrunning radial bearing supports. сп. Journal of the Technical university – Sofia Plovdiv branch, Bulgaria “Fundamental sciences and applications”, ISSN 1310-8271, том 10 (2), 2003, 15-17.

#### Контакти

E-mail: [stevini@abv.bg](mailto:stevini@abv.bg)

E-mail: [stanislav\\_al@abv.bg](mailto:stanislav_al@abv.bg)

Авторите изказват благодарност за финансиране на участието в научната конференция по научноизследователски проект в помощ на докторанти №142ПД0070-24.



## АНАЛИТИЧНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СТЕПЕНТА НА УЯКЧАВАНЕ НА ПОВЪРХНОСТНИЯ СЛОЙ ПРИ ППД НА РАВНИННИ ПОВЪРХНИНИ

АНГЕЛ ЛЕНГЕРОВ, ПЕТЪР ДАСКАЛОВ, ГЕНО ГАЛЧЕВ

**Резюме:** В статията са направени аналитични изследвания за определяне степента на уякчаване при ППД на равнинни фланцови повърхнини от стомана 45. Реализирани са припокриващи се синусоидални движения на деформиращите сферични елементи, което спомага за формиране на разнопосочни остатъчни напрежения по уякчения повърхностен слой.

**Ключови думи:** степен на уякчаване, ППД, равнинни фланцови повърхнини, остатъчни напрежения.

## ANALYTICAL DETERMINATION OF THE RATE OF STRENGTHENING OF THE SURFACE LAYER WITH SURFACE PLASTIC DEFORMATION OF PLANAR SURFACES

ANGEL LENGEROV, PETAR DASKALOV, GENO GALCHEV

**Abstract:** This article presents analytical studies for determining the strengthening rate of planar flange surfaces of steel 45 in surface plastic deformation. Overlapping sinusoidal movements are applied with the deforming spherical elements which help for the formation of diverging residual stresses on the strengthened surface layer.

**Key words:** strengthening rate, surface plastic deformation, planar flange surfaces, residual stresses

### 1. Въведение

Загубата на работоспособност на машиностроителните изделия настъпва обикновено след разрушаване на повърхностния им слой. Установено е, че функционалното им предназначение в значителна степен се определя от параметрите на качество на повърхнините, подложени на интензивно износване.

Понастоящем съществува голямо разнообразие от методи за довършващо обработване, чрез повърхностно пластично деформиране (ППД), притежаващи редица специфични особености. Липсва обаче, обща

научнообоснована методика за проектиране на технологичната операция на ППД, осигуряваща предварително зададеното качество на повърхнините на детайлите, при осигуряване на максимална производителност и минимална технологична себестойност.

### 2. Изложение

При обработването на фланцови повърхнини на детайли от стомана 45, подложени на високотемпературни разнопосочни натоварвания чрез ППД, определянето на степента на уякчаване играе

съществена роля за прогнозиране на експлоатационната им дълготрайност. Като изходно условие при определянето ѝ е целесъобразно да се изхожда от зависимостта, използвана при изчисляване на деформиращата сила при ППД [2]:

$$F = m(Rs)^{n-2} d_o^n / (R)^{n-2}, \quad (1)$$

където  $m(Rs)^{n-2}$  е константа на Мейер, имаща размерност напрежение, (MPa) и зависи от диаметъра на сачмата, а само от свойствата на материала;

$n$  и  $m$  - коефициенти, зависещи от пластичните и якостните свойства на материала;

$d_o$  - диаметъра на отпечатъка на сачмата;

$Rs$  - радиуса на деформиращата сачма;

$R$  - приведенният радиус на контакт, от който се определя степента на уякчаване.

Големините на константите  $m$  и  $n$  могат да се определят експериментално, с помощта на двукратно вкарване на сачмата в изпитвания материал, при различни деформиращи усилия.

Съгласно [1] за определяне на уякчаването на повърхностния слой, вследствие на силовия фактор при деформиране на изходните грапавини на повърхнините, е направено моделиране на сферичната работна част на инструмента. Установено е, че при потъването на деформиращия сферичен елемент в повърхността на материала, действащото му усилие е свързано с диаметъра на отпечатъка и се пресмята по формулата  $F = md_o$ .

Изразявайки големината на  $d_o$  чрез площта на пластичния отпечатък на сферичния елемент получаваме, че  $F = m \left( \frac{4A_2}{\pi} \right)^{n/2}$ .

От друга страна, усилието на деформиране, съгласно теорията на контактното взаимодействие [3], се определя от равенството  $F = c' k_p \sigma_T k$ . След съответни преобразувания зависимостта на коефициента на уякчаване, придобива вида:

$$k = \frac{m.Rs^{n-2}}{k_p c' \sigma_T} \left( \frac{4}{\pi} \right)^{n/2} A_r^{\left( \frac{n-1}{2} \right)} \left( \frac{1}{R} \right)^{n-2}, \quad (2)$$

където  $A_r$  е фактическата контактна площ;

$k_p$  - поправъчен коефициент, отчитащ промяната на условията на деформиране.

Отчитайки, че  $c' \sigma_T \approx HB$  и приемайки, че  $m / k_p = M$ , зависимост (2) се преобразува така:

$$k = \frac{M.Rs^{n-2}}{HB} \left( \frac{4}{\pi} \right)^{n/2} A_r^{\left( \frac{n-1}{2} \right)} \left( \frac{1}{R} \right)^{n-2}. \quad (3)$$

По данни от разработка [4] съотношението между големините  $HB$  и  $m$  за изследваната стомана се изразява със зависимостта:

$$HB / m \approx 3,15. \quad (4)$$

При условие, че измерването на параметъра  $m$  е направено при използване на деформираща сачма, с радиус 10 mm и полагайки отношението  $\frac{M}{HB}$  да е равно на константата  $M_p$ , зависимост (3) придобива вида:

$$k = M_p \left( \frac{4}{\pi} \right)^{n/2} A_r^{\left( \frac{n-1}{2} \right)} \left( \frac{10}{R} \right)^{n-2}. \quad (5)$$

Големината на коефициента  $M_p$  може да се определи от условието за осигуряване на степен на уякчаване  $k=1$ , при деформиране на неуякчен материал ( $n=2$ ). При това степенните показатели на радиуса и площта на контакт стават равни на нула, превръщайки съответните множители в единица, а степенния показател на коефициента  $\frac{4}{\pi}$  става равен на единица. При

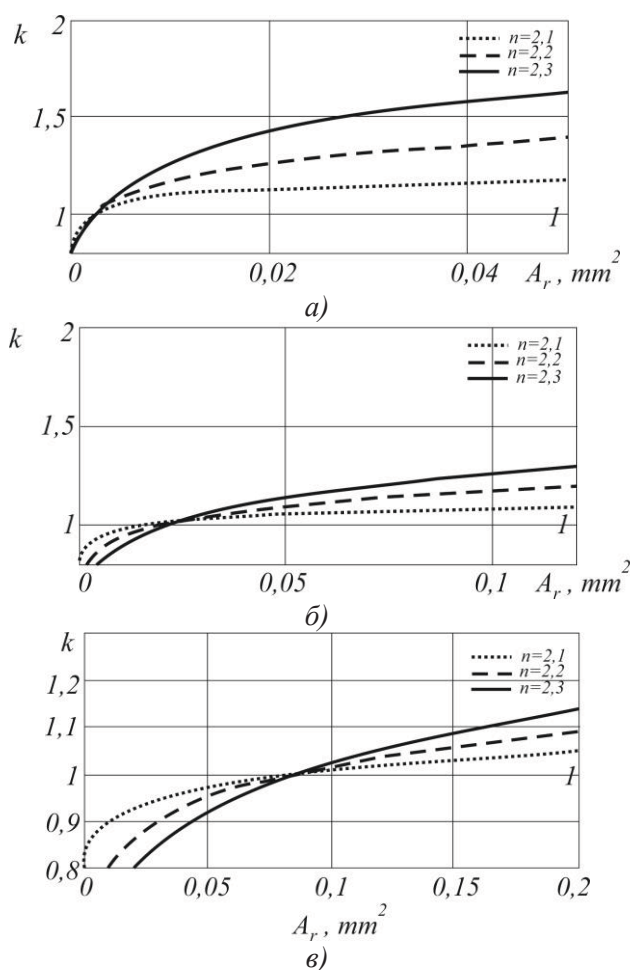
големина на коефициента  $M_p = \frac{\pi}{4}$ , зависимост (5) придобива вида:

$$k = \left( \frac{4}{\pi} A_r \right)^{\left( \frac{n-1}{2} \right)} \left( \frac{10}{R} \right)^{n-2}. \quad (6)$$

Така, коефициентът на уякчаване  $k$  зависи само от склонността на материала към уякчаване, изразяван с експерименталния коефициент  $n$ , приведения радиус на контакт  $R$  и фактическата контактна площ  $A_r$ .

Получените графични изразения, съгласно зависимост (6) за различни радиуси на деформиращия елемент на инструмента и коефициенти на уякчаване на материала са показани на фиг. 1.





**Фиг.1.** Графични зависимости на степента на уякчаване  $k$  от фактичката контактна площ  $A_r$  при приведен радиус на контакт 1,5 mm (а), 5 mm (б) и 10 mm (в) при различни големини на  $n$

Пресечната точка на графиките, съответства на прехода от еластична към пластична деформация. Работният диапазон на зависимостта при зададената големина на радиуса започва с определената контактна площ.

Тъй като фактичката контактна площ се определя от параметрите на грапавините и големините на контактните деформации, то за конкретна повърхнина и конкретен инструмент може да се намери съответна зависимост, описваща степента на уякчаване.

Изходната зависимост за определяне степента на уякчаване, съгласно зависимост (1), е точна при внедряване на сфери в равнинни повърхнини. При довършващо обработване, чрез ППД и реализирано относително движение на инструмента и заготовката, номиналната контактна площ при деформирането е значително по-малка, отколкото при статично внедрени сферични елементи. За разлика от уякчавашите режими, липсва развитие на

вътрешно-контактни зони на деформиране. Във връзка с това степента на уякчаване на практика е нечувствителна към подаването, а зависи само от големината на контактната деформация. Подаването ще оказва влияние само върху равномерността при уякчаване – колкото то е по-малко (при еднаква контактна близост), толкова уякчаването ще е по-равномерно. Това дава възможност при пресмятане на степента на уякчаване да се пренебрегне влиянието на подаването и процеса да се представи като статично внедряване на деформирания елемент в равнинна повърхнина.

За определянето на фактичката контактна площ на внедрения сферичен елемент в плоска грапава повърхнина е необходимо номиналната площ на отпечатъка да се раздели на тесни пръстеновидни ивици с ширина  $dr$ . Номиналната площ на всяка пръстеновидна ивица с радиус  $r$  се определя като произведение на нейната дължина по ширината  $dr$ . Фактичката контактна площ се определя по относителната контактна дължина, в разглеждания диапазон на пръстеновидните площи, които на свой ред се пресмятат по големините на контактните деформации, определени от геометрични съображения. Окончателната зависимост за определянето на контактната площ придобива вида:

$$A_r = 2\pi \int_0^{r_k} r t_{pk} (y_{k \text{ мек}}) dr / 100, \quad (7)$$

където  $r_k$  е максималният радиус на отпечатъка, определен от геометрични съображения за големината на максималната контактна деформация  $y_k$  и приведения радиус на контакт  $R$  по зависимостта:

$$r_k = \sqrt{2Ry_k}, \quad (8)$$

$t_{pk}(y_{k \text{ мек}})$  - зависимост на относителната контактна дължина в границите на текущото контактено сближаване  $y_{k \text{ мек}}$ .

Големината на контактната деформация на пръстеновидната площ с радиус  $r$  се определя от геометрични съображения по зависимостта:

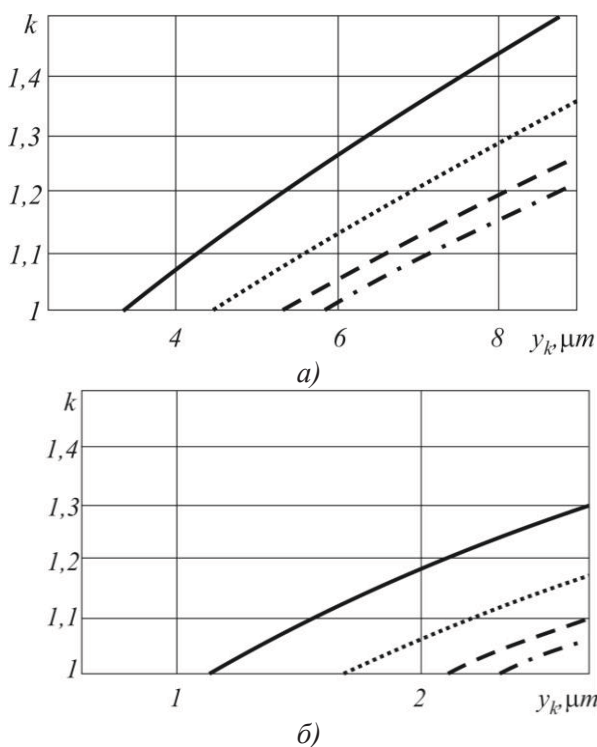
$$y_{k \text{ мек}} = y_k - R + \sqrt{R^2 - r^2}, \quad (9)$$

където  $y_k$  е максималната контактна деформация в границите на отпечатъка (под върха на инструмента).

След съответни преобразувания на зависимостта (7) и замествайки я в зависимост (6) за коефициента на уякчаване се получава:

$$k = \left( 0,08 \int_0^{\sqrt{2Ry_k}} r t_{pk} \left( y_k - R + \sqrt{R^2 - r^2} \right) dr \right)^{\frac{n-1}{2}} \cdot \left( \frac{30}{R} \right)^{n-2} \quad (10)$$

Графичната интерпретация на зависимостта (10) за степента на уякчаване  $k$  от контактната близост за повърхнини, с различна грапавост и с различни приведени радиуси на деформация елемент на инструмента е представена на фиг. 2.



**Фиг.2.** Зависимости на степента на уякчаване  $k$  от контактната близост при: а)  $Rz 17,5$ ;  $Ra 3,2$ ;  $Sm 0,15$  и приведен радиус на деформацият елемент на инструмента  $R=10, 8, 5$  и  $2,5$  mm; б)  $Rz 6,8$ ;  $Ra 1,25$ ;  $Sm 0,15$  и приведен радиус на деформацият елемент на инструмента  $R=10, 8, 5$  и  $2,5$  mm

### 3. Заключение

Получените аналитични и графични зависимости дават възможност да се оцени влиянието на фактическата контактна площ  $A_r$ , приведеният радиус на контакт  $R$  и контактната близост  $y_k$  върху степента на уякчаване  $k$  за повърхнини с различни височини на изходните грапавини. Анализът на тези зависимости показва, че при увеличаване (респективно намаляване) на приведения радиус на деформация елемент, коефициентът на уякчаване на повърхнината намалява или се увеличава.

Установено е също, че подаването влияе единствено върху равномерността на уякчаване.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Безъязычный Ф.В. (2000). Влияние качества поверхностного слоя после механической обработки на эксплуатационные свойства деталей машин. *Инженерный журнал, Справочник, Инженерия поверхности*, №4, стр. 9-16.
2. Лещинер Я.А., Свиринский Р.М., Ильин В. В. (1981). *Лезвийные инструменты из сверхтвёрдых материалов*, Техніка, Киев.
3. Мрочек Ж. А. и др. (2000). *Прогрессивные технологии восстановления и упрочнения деталей машин*, Учеб. Пособие, Мн.:УП „Технопринт“.
4. Kiethe H. (1973). *Oberflächengestalt und Eigenspannung – Ausbildung beim Walsenfräsen von Flachproben aus Ck45*, Dissertation. Von der Fakultät für Maschinenbau der Universität Karlsruhe, (T.N).

Контакти – Технически университет –  
София, филиал Пловдив  
Катедра Машиностроителна техника и  
технологии  
Адрес  
E-mail: anlengerov@abv.bg  
E-mail: daskalov\_petar@abv.bg



## ДИНАМИЧЕН АНАЛИЗ НА СДВОЕН СЪЕДИНИТЕЛ НА ХУК

СТЕФАН ГАРАБИТОВ, ВАЛЕРИ ИВАНОВ

**Резюме:** В статията е направен анализ на една новопредложена от авторите конструкция на вариант на сдвоен съединител на Хук. Обърнато е внимание на влиянието на параметрите на добавената пружина върху неравномерността на въртене на изходящия вал при постоянна скорост на въртене на входния вал.

**Ключови думи:** Съединител на Хук, неравномерност

## DINAMIC ANALYSIS OF THE PAIRED HOOKE JOINT

STEFAN GARABITOV, VALERI IVANOV

**Abstract:** The Hooke's joint is commonly used when there is needs for angular deviations in the rotating shafts. The construction is simple and reliable, but it has a number disadvantages that are well known and analyzed. The article makes a proposal to improve the quality parameters of the mechanism and in particular of the biggest disadvantage of clutch Hooke - variability of output angular velocity at constant input velocity. The proposed structure is based on a spatial mechanism, and appropriate management of the additional degree of freedom. This significantly improves the smoothness of the rotation of the output shaft while retaining the other advantages of the mechanism.

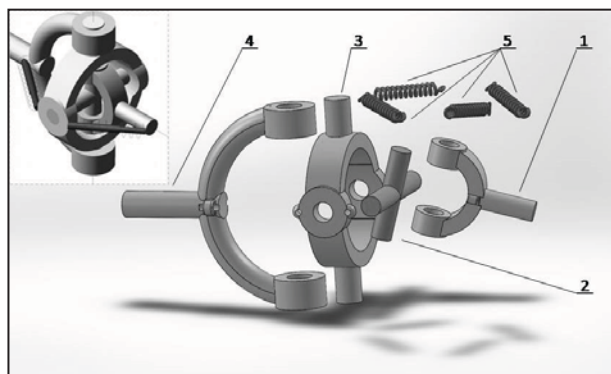
**Key words:** joint, Hooke, Cardan, Efficiency

### 1. Формулиране на проблема

Най големия недостатък на съединителя на Хук е неравномерността на въртене на изходния вал внасяна от конструкцията. Т.е. при постоянна стойност на входната ъглова скорост, скоростта на изхода зависи от ъгъла сключен от входящия и изходящия вал. Предлага се една конструкция(предмет на полезен модел), която позволява да се отстрани донякъде този недостатък при сравнително проста конструкция.

Схематична конструкцията изглежда както е показано на Фигура 1. Към водещото звено 1 е свързано звено 2, като връзката е въртяща и ориентирана перпендикулярно на въртящата връзка на звеното 1. Звено 3 е свързано със звено 2 отново с въртяща връзка, като тя е перпендикулярна на предходната връзка. И звеното 4 също е свързано с звено 3 с перпендикулярно ориентирана спрямо

предходната връзка. Между звената 1 и 3 както и между звената 4 и 3 има монтирани симетрично пружини 5 с еднаква коравина.



Фиг. 1. Схематична конфигурация

Образувания механизъм е сферичен. Т.е. осите на въртене на всички връзки се пресичат в една точка и траекториите на всички звена са

концентрични окръжности. Образно казано това са два съединителя на Хук свързани последователно, като междинното звено е общо. Получения механизъм има две степени на свобода поради повтарящи се ограничения. конструкцията. Особено важно е за

Едната степен е консумирана от водещото звено, а втората остава свободна. Така че в случая структурата включва:

13 Gruebler Count (приблизително степени на свобода)

7 Подвижни звена (без корпуса)

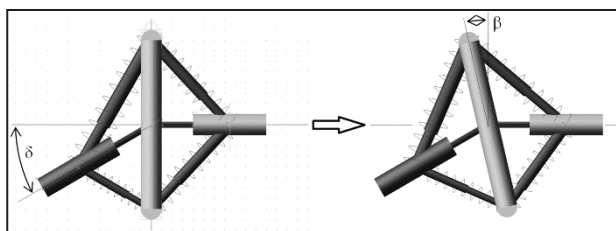
6 Въртящи връзки

1 Движение

1 Степен на свобода на модела

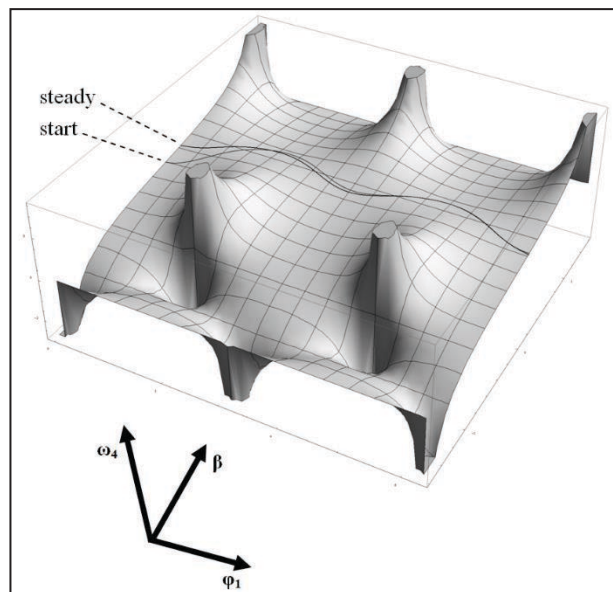
14 Повтарящи се ограничения

Останалата степен на свобода е въртенето на звено 3 спрямо междинната въртяща връзка. Промяната на позицията му води до промяна на предавателното отношение на целия механизъм. Въпросното звено 3, е свързано с водещия и водимия вал чрез пружини с еднаква коравина 5, които се въртят с целия механизъм. В процеса на движение, пружините поради еднаквата си коравина се опитват да запазят положението на звено 3, така че да застане в положение на ъглополовяща на ъгъла сключен между водещия и водимия вал. При спазване на точното положение предавателното отношение е равно точно на единица[3].



Фиг. 2. Промяна на положението на свързващото звено при движение

Идеалното спазване на това положение при тази конструкция е невъзможно, поради настъпващите колебания на междинното звено свързано с пружините [3]. Амплитудата на колебания обаче е доста малка и това позволява този механизъм да се използва при не много строги изисквания за предавателното отношение.



Фиг. 3. Влияние на ъгъла на завъртане на звено 3 във времето<sup>[3]</sup>

Конструкцията му в сравнение с подобния механизъм на Томпсън е много по проста и съответно цената е много по ниска. Целта на работата е да се анализира влиянието на параметрите на трептящата система върху неравномерността на изходните обороти породена от конструкцията.

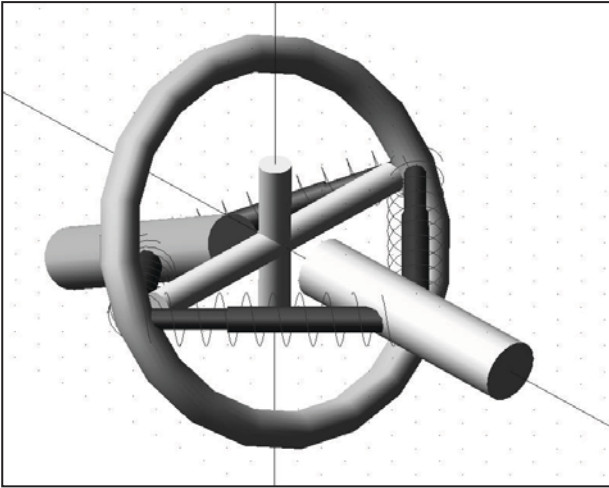
## 2. Построяване на модела в MSC ADAMS

### 2.1. Изграждане на конструкция чрез експеримент

Водещото звено се върти с постоянна скорост  $360^{\circ}$  за секунда.

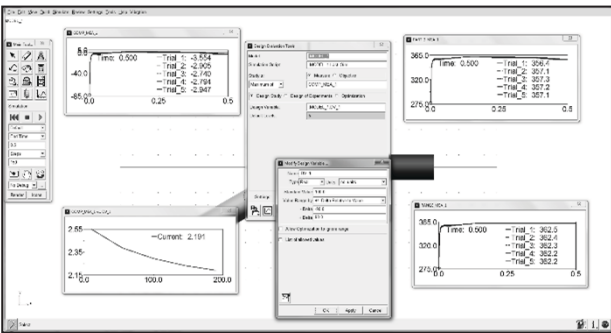
Етап на конструиране включват избор на конструктивна променлива и конструиране чрез експеримент. И двете стъпки са вградени в самата програма MSC Adams. За конструктивна променлива е избрана коравината на пружината, както е показана на фиг.4,5. Стандартната стойност, около която се изменя стойността на коравината е доста ниска, поради тенденцията на намаляване на амплитудата на трептене с приближаване на собствената честота на трептене и тази на въртенето. Чрез следене на средната стойност на изходящата амплитуда в функция от коравината на пружината, може да се определи оптималната стойност.



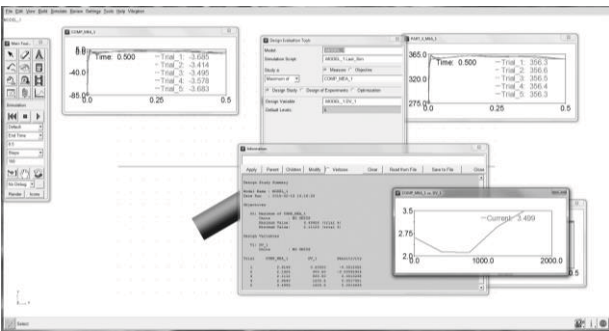


Фиг. 4. Модел в MSC Adams

Особено внимание трябва да се отдели на конструирането на междинното звено, което е подложено на значителни натоварвания при големи стойности на ъгловото изместване. [1,2,3,4,5].

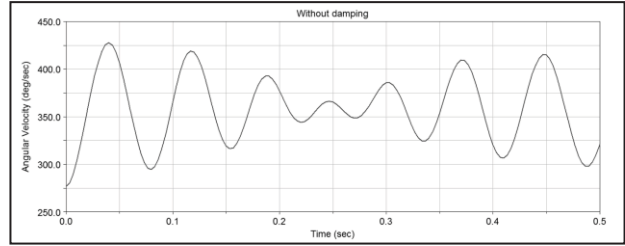


Фиг. 5. Инструмент за конструиране чрез експеримент

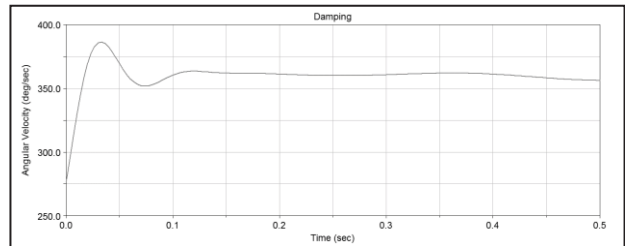


Фиг. 6. Краен етап на конструиране чрез експеримент

В края на етапа се установява влиянието на променливите и диапазона на изменението им. Дисипацията влияе на крайния резултат.



Фиг. 7. Вариация на изходната ъглова скорост при нулева дисипация

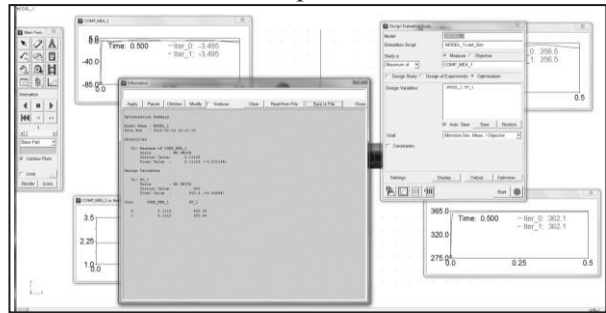


Фиг. 8. Изходната ъглова скорост при ненулева дисипация

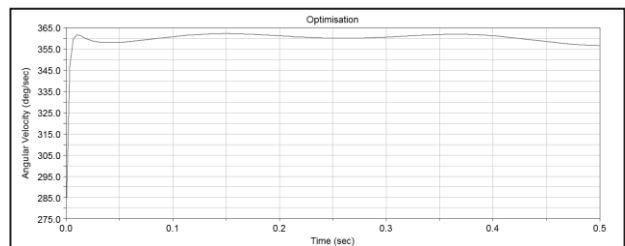
Влиянието на еластичността на пружината е оценено чрез оптимизационна процедура, вградена в програмата.

## 2.2. Резултати от експеримента и оптимизацията:

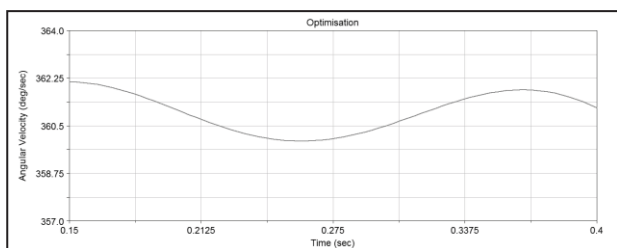
За целева функция е избрана вариацията на стойността на ъгловата скорост на изходящия вал и целта е минимизирането ѝ.



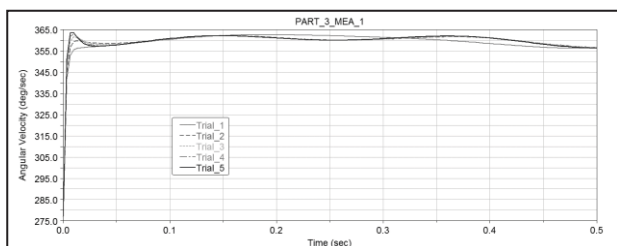
Фиг. 9. Краен етап на оптимизацията чрез експеримент



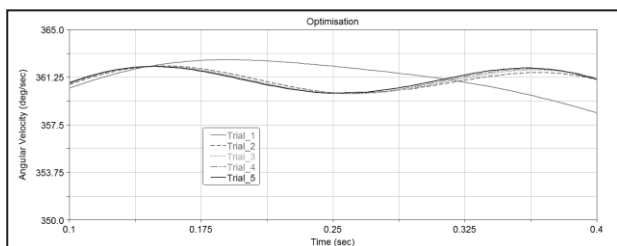
Фиг. 10. Краен етап на оптимизацията чрез експеримент



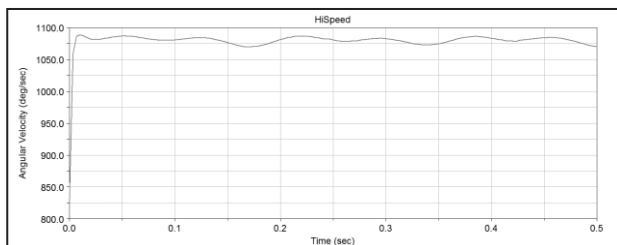
Фиг. 11. Краен етап на оптимизацията чрез експеримент



Фиг. 12. Вариация на изходната ъглова скорост при промяна на коравината на пружината



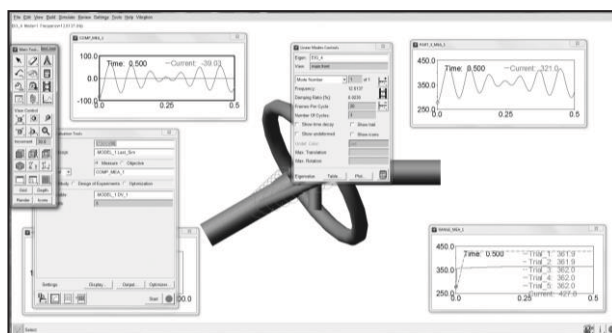
Фиг. 13. Вариация на изходната ъглова скорост при промяна на коравината на пружината



Фиг. 14. Вариация на изходната ъглова скорост при три пъти по висока ъглова честота

### 3. Собствена честота на трептене на системата

Собствената честота, както и принудените трептения могат да се изследват чрез специалния *Plugin Vibration*, който се активира от основното меню. Трябва да се има предвид, че четирите пружини с еднаква коравина са свързани паралелно. Собствената честота на вибрации на системата е определена при оптимална коравина на пружината  $c=800.5N/m$  и масови параметри на трептящото междинно звено  $m=0.04kg$ ,  $I_{xy}=I_{yz}=1.9 \times 10^{-5} kg \cdot m^2$ ,  $I_{yy}=3.8 \times 10^{-5} kg \cdot m^2$  и коефициентна демпфиране  $\beta=105N/m/s^2$ . Може да се отбележи, че ъгловата скорост на въртене на изходния вал не е константа.



Фиг. 15. Обобщение на процеса

### 4. Анализ на резултатите

При установено движение ъгълът  $\beta$  осцилира около стойност, която е точно  $\delta/2$ . Ако по време на движението ъгълът се поддържа с точно такава стойност, изходящия вал ще се движи синхронно с входящия. Наличието на колебания около тази стойност довежда да колебания в движението на изходящия вал по начин показан по горе. С подбор на параметрите на трептящата система може да се ограничи амплитудата на колебание. Цифровият експеримент показва, че намаляването на коравината на пружините, намалява и амплитудата. Честота на въртене трябва да е близо до собствената честота на трептене.

Колебанията на компенсирания механизъм води до непостоянна ъглова скорост на изхода. Отклонението обаче е в рамките на максимално 5%, което за практически нужди е напълно допустимо. За сметка на това, конструкцията реализираща това е много проста, евтина и надеждна, което е предимство при неотговорни предавки.

**Благодарности:** *Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация са финансирани от Вътрешния конкурс на ТУ-София – №142ПД0003-05.*

### ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

1. S. Garabito, V. Ivanov, kinematic analysis of a variant of the paired hooke joint, *Механика на машините*, Година XXIII, книга 2, 2015г., Варна.
2. С. Гарабитов, В. Иванов, влияние на наклона на изходящия вал при шарнира на Хук върху коефициента на полезно действие, *Българско списание за инженерно проектиране*, бр. X, 2010г.
3. H. I. F. Evernden, The propeller shaft or hooke's coupling and the Cardan joint, *Proceedings of the Institute of Mechanical Engineers, Automotive Division*, 2 (1) (Jan. 1948)100-110.
4. E. R. Wagner and C. E. Cooney, *Universal joint and driveshaft design manual*, *Advances in Engineering Series*, No. 7, Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA (1979).
5. J. E. Shigley and C. R. Mischke, *Standard handbook of machine design*, McGraw-Hill, New York (1986).

E-mail: [stefang@tu-sofia.bg](mailto:stefang@tu-sofia.bg);  
[valio23@yahoo.com](mailto:valio23@yahoo.com)



## ВЛИЯНИЕ НА ОБОБЩЕНИЯТ КОЕФИЦИЕНТ НА ТРИЕНЕ ПРИ САМОУПРАВЛЯВАЩ СЕ СДВОЕН СЪЕДИНИТЕЛ НА ХУК

ВАЛЕРИ ИВАНОВ

**Резюме:** Шарнирана Хук или известен също като Карданов съединител е компенсиращ съединител позволяващ свързването на два вала с наличие на ъглово изместване. Конструкцията е проста и надеждна, но има редица недостатъци, които са добре известни и анализирани. В статията се прави едно предложение за подобряване на качествените показатели на механизма по специално на най големия недостатък на съединителя на Хук - неравномерността на изходящите обороти при постоянни входящи обороти и при наличие на ъглово отместване на входящия и изходящия вал при различни стойности на коефициента на триене. Предлаганата конструкция, на базата на два съединителя, свързани последователно и с удачно управление на допълнителната степен на свобода, подобрява значително този показател при запазване на останалите преимущества на съединителя.

**Ключови думи:** съединител, Кардан, Хук, к.п.д

## INFLUENCE OF THE SUMMARY FRICTION COEFFICIENT IN SELF CONTROLLED PAIRED HOOKE JOINT

VALERI IVANOV

**Abstract:** The Hooke's joint or also known as Cardan coupling are associated with power transmission systems. They are commonly used when there is needs for angular deviations in the rotating shafts. The construction is simple and reliable, but it has a number disadvantages that are well known and analyzed. The article makes a proposal to improve the quality parameters of the mechanism and in particular of the biggest disadvantage of clutch Hook - variability of output angular velocity at constant input velocity. This happens in the case in an angular displacement of the input and output shaft and different friction coefficient. The proposed structure is based on a spatial mechanism, and appropriate management of the additional degree of freedom. This significantly improves the smoothness of the rotation of the output shaft while retaining the other advantages of the mechanism.

**Key words:** joint, Hooke, Cardan, Efficiency

### 1. Основни положения

Моментния коефициент на предавателен механизъм, какъвто се явява съединителя се определя по класическата формула:

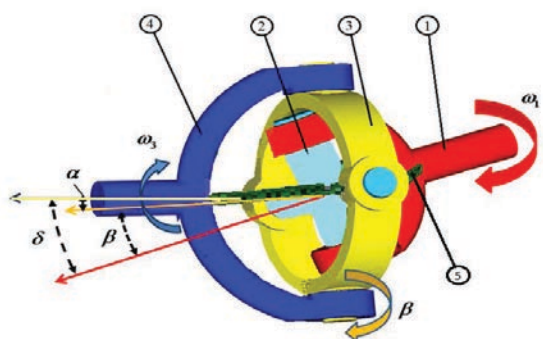
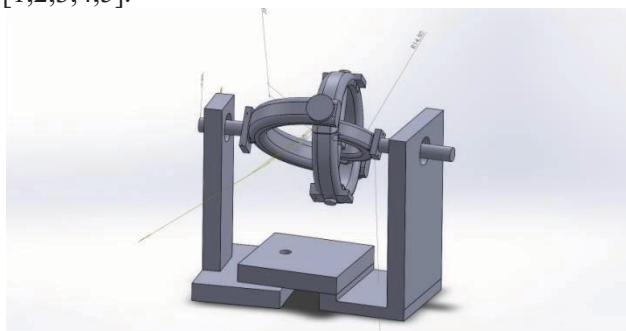
$$\eta = \frac{M_{out} \cdot \omega_{out}}{M_{in} \cdot \omega_{in}} ; \quad (1)$$

Трябва в процеса на изчисление да се отчете загубата при триене във връзките. Промяната на ъгъла между входния и изходния вал се отразява върху големината на опорните

реакции и вътрешните реакции във връзките. Аналитичния израз за това не е необходим, а всичките изчисления се правят от готова програма за анализ на механизми. Съпротивителният момент на изхода е константа. Изчислява се консумираната мощност на входа при константна ъглова скорост на входа и променлива на изхода.

Определянето на коефициента на полезно действие е от значение за дълготрайността и надеждността на

конструкцията. Особено важно е за конструирането на междинното звено, което е подложено на значителни натоварвания при големи стойности на ъгловото изместване. [1,2,3,4,5].



Фиг. 1. Общ вид на CAD модела на шарнира

## 2. Изграждане на модел

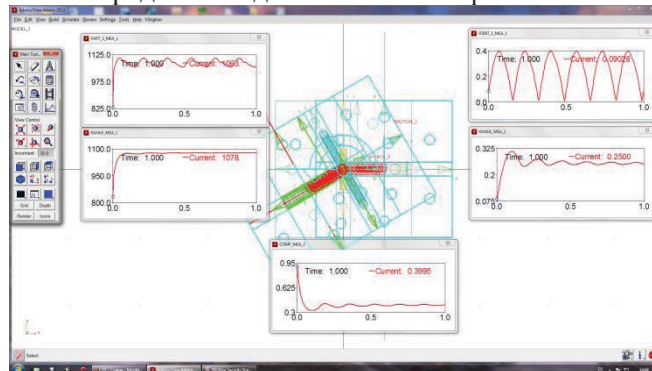
CAD модела, използван за изграждане на опростен модел за анализа е показан на фиг. 1.

Към водещия вал 1, посредством вилка, е закрепено звено 2 (кръстачка), като връзката между тях е въртяща и е перпендикулярна на въртящата връзка на водещия вал. Звеното 3 (О-образен елемент) е свързано с звеното 2 също с въртяща връзка, която е перпендикулярна на предходната но по другата ос. Звеното 3 е свързано и с изходящия вал 4 също посредством вилка, с въртяща връзка, перпендикулярна на предходната. Водещия вал 1 и изходящия вал 4 са свързани с звеното 3 също и с четири броя пружини 5, чрез осем броя уши на валовите и О-образен елемент и куки на пружините. Образува се сферичен механизъм при който всички звена се движат по сфери, които са концентрични една спрямо друга. Образно казано това са два съединителя на Хук един след друг с общо междинно звено.

Механизмът има две степени на свобода тъй като има повтарящи се ограничения. Едната от тях се консумира от водещото движение – ротацията на водещия вал, втората е възможността за въртене на звено 3 около

изходящия вал – ъгъл  $\beta$ . Промяната на положението на това звено довежда до промяна на предавателното отношение на целия механизъм. Идеята е с промяната на положението на звеното 3 да се регулира неравномерността на предавателното отношение между входящия вал и изходящия вал.

Вече изградения модел е показан на фиг. 2.



Фиг. 2. Изчислителен модел на механизма

### 2.1 Параметри на модела

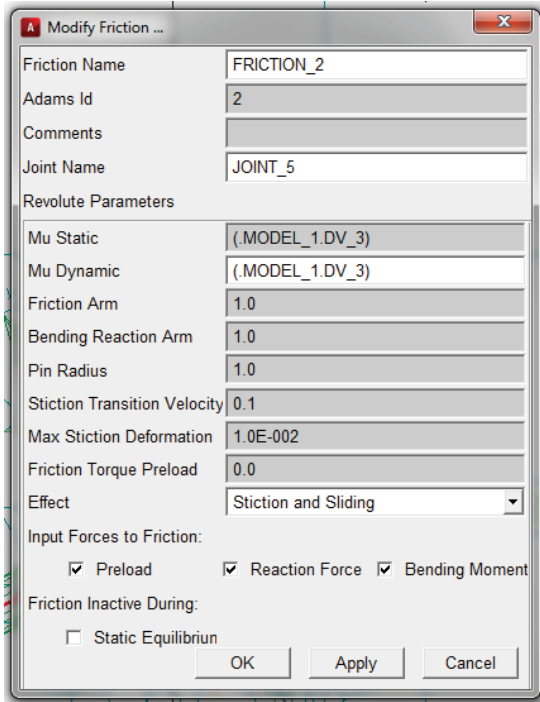
Изчислителният модел е направен с конкретни стойности на параметрите, като входящото и изходящото звено са идентични и имат параметри показани на фиг. 3.

Object Name	: .MODEL_1.PART_2
Material	: .MODEL_1.steel
Material Density	: 7801.0
(7801.0 (kg/meter**3))	kg/meter**3
Calculated Mass	: 2.4507564291E-002 kg
Calculated Volume	: 3.1415926536E-006 meter**3
Center Marker	: PART_2.cm
Inertia Marker	: None
Mass Inertia Tensor	:
IXX	: 3.4208475156E-006 kg-meter**2
IYY	: 3.4208475156E-006 kg-meter**2
IZZ	: 3.0634455363E-007 kg-meter**2
IXY	: 0.0 kg-meter**2
IZX	: 0.0 kg-meter**2
IYZ	: 0.0 kg-meter**2

Фиг. 3. Масови параметри на входящото звено

Във всички изградени въртящи връзки е приложено триене, като параметрите му са показани на фиг. 4.





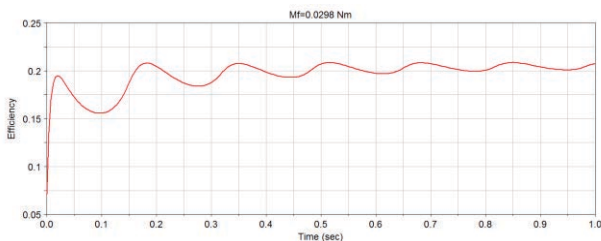
Фиг. 4. Промяна на коефициента на триене

Симулацията се извършва при ъглова скорост на входния вал 18,80 *r/sek* и съпротивителен момент на изходния вал 0,25Nm.

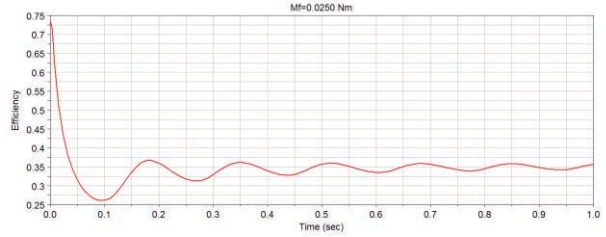
### 3. Резултати от симулацията

При симулацията, като силови параметри бяха отчетени вътрешните реакции във връзките, големината на триещите моменти, големината на изходящия съпротивителен момент, консумираната мощност на входа. Коефициентът на полезно действие, след измерване на изходящата ъглова скорост, беше изчислен по формула (1).

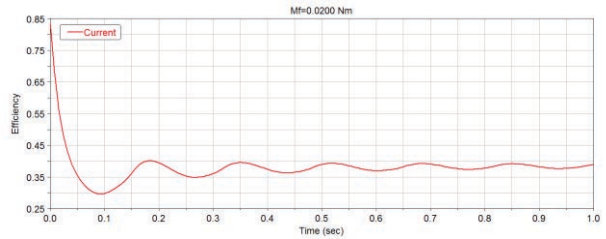
Коефициентът на полезно действие (Efficiency) е показан на фиг. 5,6,7,8, и 9 в зависимост от различни стойности на обобщения коефициента на триене. На фиг.10 е показана ъгловата скорост на изходящия вал на изследвания механизъм, а на фиг.11 мощността на входящия вал на изследвания механизъм.



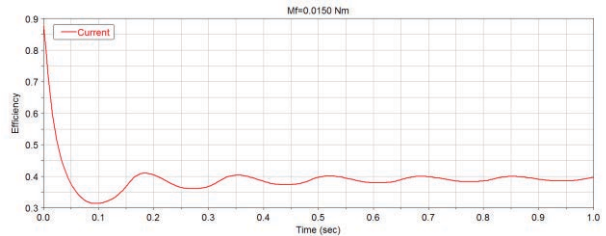
Фиг. 5. К.П.Д. ≈ 0.2



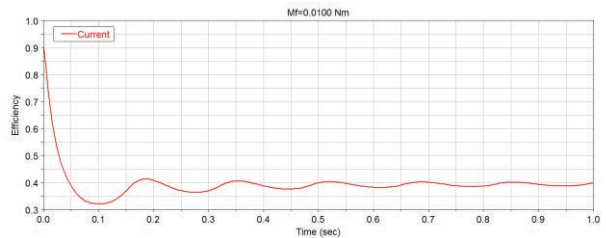
Фиг. 6. К.П.Д. ≈ 0.33



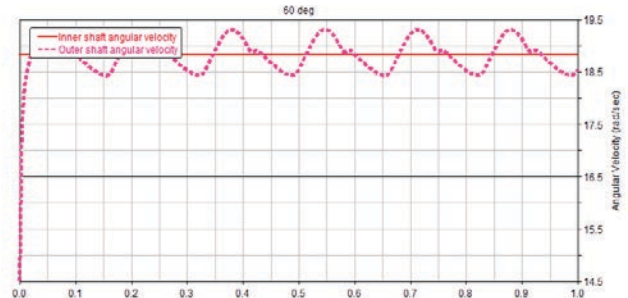
Фиг. 7. К.П.Д. ≈ 0.38



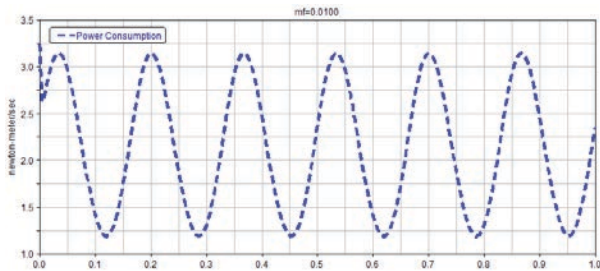
Фиг. 8. К.П.Д. ≈ 0.39



Фиг. 9. К.П.Д. ≈ 0.395



Фиг.10. Ъглова скорост на изходящия и входящият вал на изследвания механизъм



**Фиг.11.** Мощност на входящия вал на изследвания механизъм

#### 4. Анализ на резултатите

При анализа на резултатите ясно се вижда тенденцията на намаляване на к.п.д. на механизма до стойности клонящи към нула и довеждащи до заклиняване при по големи ъгли на отклонение.

#### Заклучение

Дори и при по големи ъгли на отклонение, ъгловата скорост на изходящия вал на изследвания механизъм спрямо ъгловата скорост на входящият вал се изменя незначително.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. I. I. Artobolevsky, Mechanisms in modern engineering design, (N. Weinstein, Trans.) Moscow: Mir Publisher, (1900).
2. H. I. F. Evernden, The propeller shaft or hooke's coupling and the Cardan joint, Proceedings of the Institute of Mechanical Engineers, Automotive Division, 2 (1) (Jan. 1948)100-110.
3. E. R. Wagner and C. E. Cooney, Universal joint and drive shaft design manual, Advances in Engineering Series, No. 7, Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA (1979).
4. I. S. Fischer, Internal force and torque transmission in a Cardan joint with manufacturing tolerances, Eng. Sci. D. Dissertation, Columbia University, New York (1985).
5. J. E. Shigley and C. R. Mischke, Standard handbook of machine design, McGraw-Hill, New York (1986).

Контакти –

E-mail: valio23 @yahoo.com



## КИНЕМАТИКА И КОМПЮТЪРНО МОДЕЛИРАНЕ НА ФРИКЦИОННИ ПЛАНЕТНИ ПРЕДАВКИ

РАДОСТИН ДОЛЧИНКОВ, МАРИАНА КОЛЕВА

**Резюме:** Целта на доклада е да се анализират структурата и кинематиката на фрикционните предавки и да се създаде 3D геометрия на модела на механизма.

**Ключови думи:** фрикционни предавки, моделиране, симулация

## KINEMATIC AND COMPUTER MODELING FRICTION PLANETARY GEAR

RADOSTIN DOLCHINKOV, MARIANA KOLEVA

**Abstract:** In the report examines analyzes of friction gears and re-creation the 3D geometry model by the structure and kinematics of machinery

**Key words:** friction gears, modeling, simulation

През последните десетилетия усилията на специалистите са насочени преди всичко към намаляване на габаритните размери, при повишаване на предавателното число на зъбните механизми и тяхната товароносимост.

Не винаги това може да бъде постигнато, а ако стане ще е свързано с по-големи разходи за материали, проектиране на инструменти, приспособления и машини, установки за контрол на точността и др. За някои области на приложение това не е и необходимо.

Създаването на зъбни механизми на съвременно техническо и производствено ниво се явява сложна задача, изискваща съвместно решаване на редица задачи свързани с конструирането, производственият контрол и експлоатационните изпитания.

В практиката се налага предаване на въртеливо движение между валове при зададено отношение на ъгловите скорости. Най-простият начин за предаване е с фрикционна предавка (центроиден механизъм). Фрикционните механизми се характеризират с това, че предаването на движението между подвижните им звена се осъществява непосредствено чрез

сили на триене. Тези сили възникват между дискове, цилиндри или конуси, закрепени неподвижно върху валовете. Подвижните им звена могат да бъдат с успоредни или с пресичащи се оси.

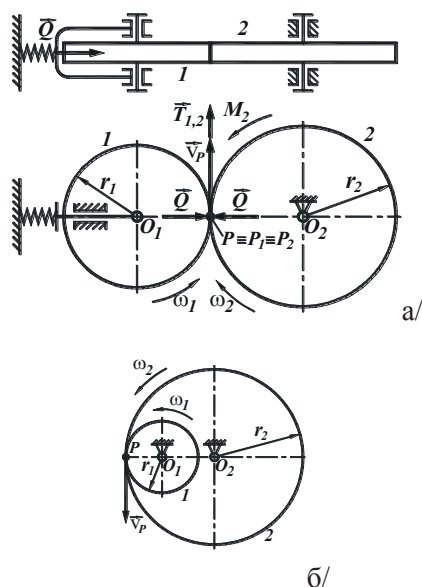
Предавателното отношение между входа и изхода на механизма по дефиниция е равно на отношението на входната към изходната скорост.

$$|i_{1,2}| = \left| \frac{\omega_1}{\omega_2} \right| \quad (1)$$

Това отношение, може да се запише по следния начин:

$$|i_{1,2}| = \left| \frac{\omega_1}{\omega_2} \right| = \left| \frac{v_{p1}/r_1}{v_{p2}/r_2} \right| = \left| \frac{v_{p1}r_2}{v_{p2}r_1} \right| \quad (2)$$

Ъгловата скорост представлява отношение на периферната скорост към радиуса, разгледано за входящото и изходящото звено. Следователно необходимо условие за функционална годност на един фрикционен механизъм е отсъствието на приплъзване между подвижните му звена, което се осигурява от притискаща сила  $Q$ , с която звено 1 действа



Фиг. 1. Фрикционни механизми с успоредни оси

върху звено 2 (фиг. 1.). В резултат на прилагане на тази сила в контактната точка Р възниква сила на триене  $T_{1,2}$  (фиг. 1.). Силата  $Q$  очевидно не създава въртящ момент, тъй като директрисата ѝ минава през точка  $O_2$ . Въртящ момент спрямо оста на въртене на звено 2 създава само силата на триене  $T_{1,2}$ :

$$M_{1,2} = T_{1,2}r_2 = \mu_0 Qr_2 \quad (3)$$

Моментът  $M_{1,2}$  трябва да бъде по-голям от приложеното външно натоварване върху звено 2 (момента  $M_2$ ):

$$M_{1,2} = \mu_0 Qr_2 > M_2 \quad (4)$$

за да липсва приплъзване между звената, с което се осигурява изпълнение на условие (3).

Окончателно условието за функционална годност на един фрикционен механизъм придобива вида:

$$Q \geq n \frac{M_2}{\mu_0 r_2} \quad (5)$$

където  $n$  е коефициент на сигурност (за силови предавки  $n=1, 25 \div 1, 5$ ).

От уравнение (4) се вижда, че товароносимостта на фрикционния механизъм зависи от притискащата сила  $Q$ , радиуса  $r_2$  и стойността на коефициента на триене при покой  $\mu_0$ . Увеличаването на притискащата сила  $Q$  води до нарастване на момента  $M_{1,2}$ , но и до неблагоприятно нарастване на реакциите в лагерните опори, което намалява дълготрайността на опорите. Увеличаването на радиуса  $r_2$  също води до нарастване на момента

$M_{1,2}$ , но и до увеличаване на габаритните размери на предавката. Най-рационално нарастване на момента  $M_{1,2}$  се постига с увеличаване на стойността на коефициента на триене при покой  $\mu_0$ . Това може да се постигне по два начина:

- използване на двойки материали с големи стойности на  $\mu_0$ ;
- клиново изпълнение на контактните повърхности, при което стойността на приведения коефициент на триене:

$$\mu_0^* = \mu_0 / \sin \beta > \mu_0 \quad (6)$$

При равнините предавателни механизми векторите на ъгловите скорости на звената са успоредни, поради което предавателното отношение (1.2) може да се запише във вида:

$$i_{1,2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \pm \frac{r_2}{r_1} \quad (7)$$

Знакът “-” се отнася за предавката от фиг. 1.а, при която контактната точка Р е вътрешна за отсечката  $O_1O_2$ , вследствие на което  $\omega_1$  и  $\omega_2$  имат различни посоки. Знакът “+” се отнася за предавката от фиг. 1.б, при която контактната точка Р е външна за отсечката  $O_1O_2$ , вследствие, на което  $\omega_1$  и  $\omega_2$  имат еднакви посоки.

Предимствата на триещите предавки се изразяват в простотата на конструкцията и обслужването, плавност на предаване на движение и безшумност. За сметка на приплъзването и боксуването между колелата, предавката има предпазно значение, но не се препоръчва да се използва. След боксуване се появяват следи по работните повърхнини, които довеждат до неравномерното им сработване и влошаване работата на предавката.

Един от начините за преодоляване на тези недостатъци е използването на готови машинни елементи, познати в практиката. С незначителни промени в конструкцията им и при добро съчетаване на елементите от които са съставени е възможно да се постигнат добри резултати. Тези стандартни машинни елементи или възли не могат да поставят под въпрос мястото заемано от зъбните предавки, но са подходящи за решаването на определени задачи.

Един от тези стандартни елементи е търкалящият лагер. Основното преимущество на търкалящите лагери е заменянето на триенето при плъзгане с триене при търкаляне. При тях коефициентът на триене има много ниски граници (особено при нормално мазане - 0,0015 - 0,006). Поради това преимущество, както и взаимозаменяемостта и трайността им,



производството на търкалящи лагери получи широко разпространение.

Други преимущества са:

- бърз и лек ремонт чрез подмяне на лагера;
- по-малък разход на мазилно вещество и грижи при мазане;
- по-малки размери в осово направление.

По-важните недостатъци са:

- износване и разбиване на каналите на търкалящите тела вследствие високи скорости, контактни напрежения и динамични натоварвания;
- големи размери в радиална посока;
- малка цемпфираща способност;
- невъзможност за ремонт на отделни части от търкалящия лагер.

Когато се пресмята и избира типа, серията на търкалящия лагер, преди всичко се отчитат условията на работа на лагера. Те включват:

- вид, големина и посока на натоварването;
- честота на въртене;
- работна температура;
- вид триене - чисто, сухо, полусухо;
- вид на сдружаването (сглобка);
- точност;
- необходимост от бързо монтиране и демантиране;
- наличие на топлинни разширения и възможност за тяхното поемане във възела.

Ако съчмите или ролките на лагера се свържат с някой детайл, оста на въртене на който съвпада с оста на лагера, при въртенето на лагера, детайла увлечен от съчмите или ролките ще се върти  $i_1$  пъти по-бавно от вътрешната гривна и  $i_3$  пъти по-бавно от външната гривна, при неподвижна една от двете гривни. При това положение лагера се превръща в предавателен механизъм – лагерен редуктор с предавателно число  $i_1$  или  $i_3$ .

Когато двете гривни на лагера се въртят едновременно в различни посоки, предавателното число теоретически може да бъде толкова голямо колкото желаем.

Чрез фиксиране на едно от звената на лагера (сепаратор, вътрешен пръстен или външен пръстен) могат да се получат схеми за реализиране на различни предавателни числа. От значение е също и кое звено е водещо или водимо.

Целта на доклада е да се анализират структурата и кинематиката на фрикционните предавки и да се създаде 3D геометрия на модела на механизма.

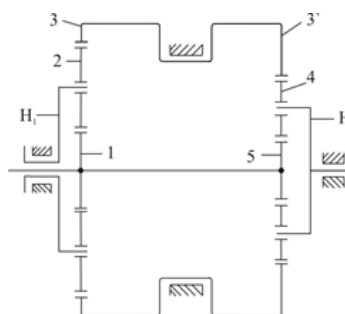
Аналогията в движенията с планетните механизми на отделните звена определя и аналогията в наименованията на самите звена: вътрешна и външна гривна ↔ централни звена (централни зъбни колела); съчми или ролки ↔ сателити (планетни зъбни колела); сепаратор ↔ водило.

Чрез фиксиране на едно от звената на лагера/сепаратор, вътрешен пръстен или външен пръстен, могат да се получат схеми за реализиране на различни предавателни числа. От значение е също и кое звено е водещо или водимо.

В публикации [3] и [4] се разглеждат следните видове конструкции на фрикционни предавки със стандартни търкалящи се елементи: фрикционна предавка с два един след друг съставни елемента и фрикционна предавка с два един в друг съставни елемента.

Определянето на предавателното отношение се извършва чрез метод на спомагателна кинематична инверсия, известен като метод на Вилис.

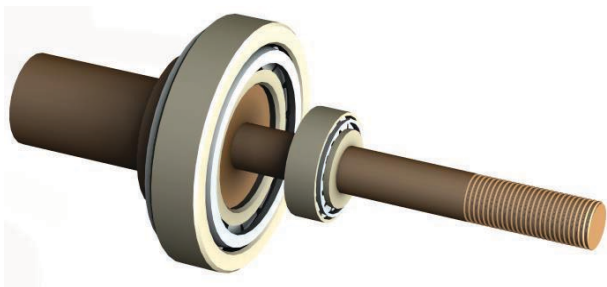
На фиг. 2. е показана кинематичната схема на фрикционна предавка с два съставни елемента един след друг реализирана с конусни ролкови лагери.



**Фиг. 2.** Кинематична схема на фрикционна предавка с два съставни елемента един след друг

Механизмът показан на кинематичната схема от фиг. 2. е диференциален. От този диференциален механизъм могат да се получат механизми с една степен на подвижност, чрез последователно спиране (застопоряване) на централните му звена – 1, 5, 3, 3\* - затворен диференциален механизъм и два планетни механизма.

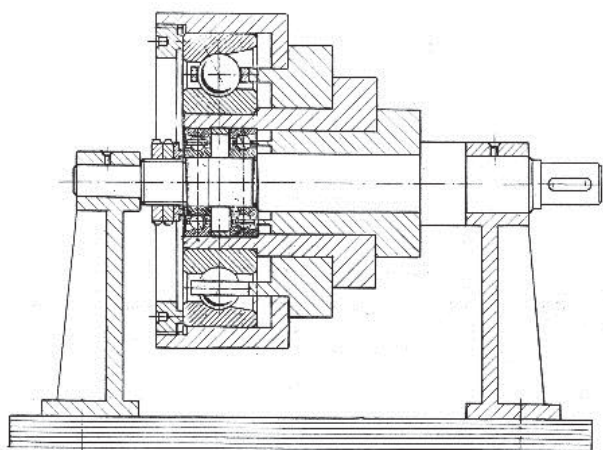
Характерно за ЗДМ е, че две от централните звена на диференциалния механизъм са свързани с допълнителната кинематична верига – елементарният механизъм. От компютърния модел добре се наблюдава как движението се въвежда от сепаратора на първият лагер и се извежда от



**Фиг. 3.** Компютърен модел на фрикционна механична предавка с два един след друг съставни елемента (без валове)

външната гривна на вторият лагер (фиг. 3.). Движението от един лагер на друг става чрез свързване на външна гривна на първия лагер със сепаратора на вторият.

При вместване един в друг на два лагера се реализира фрикционна предавка с два един в друг съставни елемента, с повече степени на свобода – фиг. 4.



**Фиг. 4.** Конструкция на фрикционна предавка с два един в друг съставни елемента

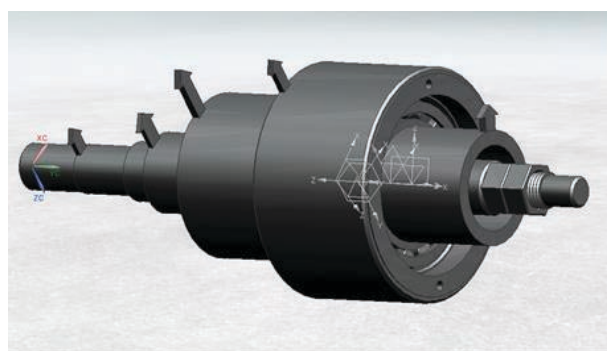
От показаната на фиг. 4. конструкция диференциален механизъм могат да се получат механизми с една степен на подвижност – затворени диференциални или планетни, чрез последователно спиране (застопоряване) на централните му звена.

Характерно за ЗДМ е, че две от централните звена на диференциалния механизъм са свързани с допълнителната кинематична верига – планетен механизъм.

NX 8.5 е CAD софтуерен продукт с пълна приемственост към САМ системите чрез инсталиране на допълнителен модул. Чрез тях се забелязват скрити дефекти при проектирането на бъдещите изделия, възможност за промяна на конструкцията, премахване, замяна или

допълване на елементи, промяна на габаритите на изделието, промяна на дизайна и др.

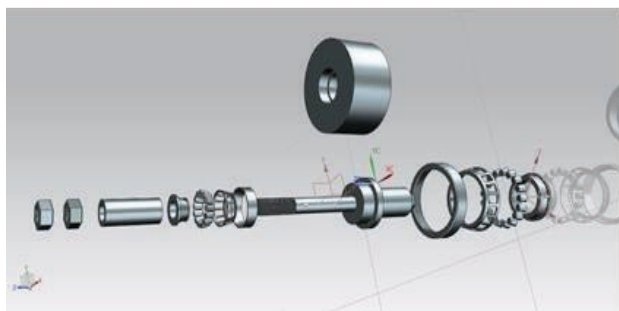
Модулът асемблиране предоставя широк спектър от нова и подобрена функционалност за повишаване ефективността при конструиране и намаляване времето при проектиране. С неговите инструменти за бърза навигация в моделната йерархия се осигурява директен достъп до всеки възел и детайл в контекста на асемблирания модел. Инструментите за управление на взаимоотношенията между компонентите (inter part relationships) позволяват създаването на параметрични асемблирани модели, които следват и запазват проектния замисъл независимо от настъпващите промени (фиг. 5.).



**Фиг. 5.** Компютърен модел на фрикционна механична предавка с два един в друг съставни елемента (без валове)

На фиг. 6. е представен един от видовете перспектива, основан на метода на проектиране, с помощта на който нагледно се изобразяват обемни тела. Изобразената фигура и правоъгълна координатна система, към която е отнесена, се проектират успоредно върху аксонометрична проекционна равнина. Създаването на аксонометрията с програмния продукт се осъществява чрез промяна на режима на работа – от средата за моделиране към средата за чертане и задаване на разстояния за детайлите. Нагледно се изобразяват и се получава информация за наложените ограничения, възможности за преместване и застопоряване. Добива се пълна представа за последователността на сглобяване на конструкцията, като предварително се отчитат грешки или невъзможност на движение на някой елементи.

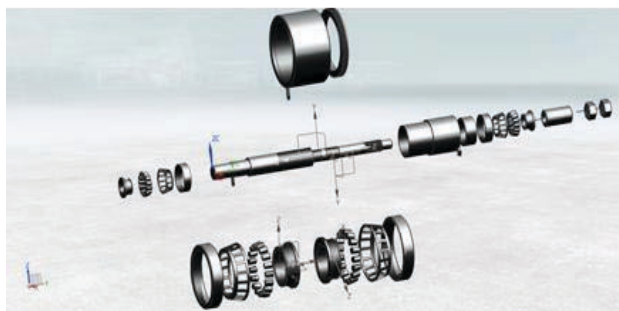
NX 8.5 е CAD софтуерен продукт с пълна приемственост към САМ системите чрез инсталиране на допълнителен модул. Чрез тях се забелязват скрити дефекти при проектирането на бъдещите изделия, възможност за промяна на конструкцията, премахване, замяна или



**Фиг. 6.** Аксонометрия на фрикционна механична предавка с два един след друг съставни елемента (с валове)

допълване на елементи, промяна на габаритите на изделието, промяна на дизайна и др.

На фиг. 7. е представена аксонометрията на фрикционна предавка с два един в друг съставни елемента, със зададена предварително посока на експлозията.



**Фиг. 7.** Аксонометрия на фрикционна механична предавка с два един в друг съставни елемента (с валове)

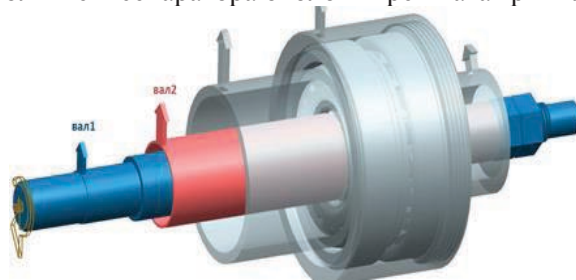
Ефективното използване на цифрови симулации може да помогне на развойните екипи да намалят много от текущите си разходи и произтичащия риск от представянето на нови продукти.

Siemens PLM software позволява на конструкторите да използват пълната мощ на цифровите симулации с разширени възможности директно в средата за моделиране.

Направена е Motion Simulation чрез програмният продукт NX на двата вида фрикционни предавки, която включва пълен набор от инструменти за анализ на скорости, ускорения, въртящи моменти, траектории и др., като използва солвърите MSC.Adams и Function Bay Recur Dyn. Siemens PLM software предлага още решения, които позволяват на специалистите в областта на инженерните анализи да изготвят електронни работни потоци, които да помагат на инженерите без опит в областта на МКЕ да извършват цифрови симулации. Това гарантира, че потребителите

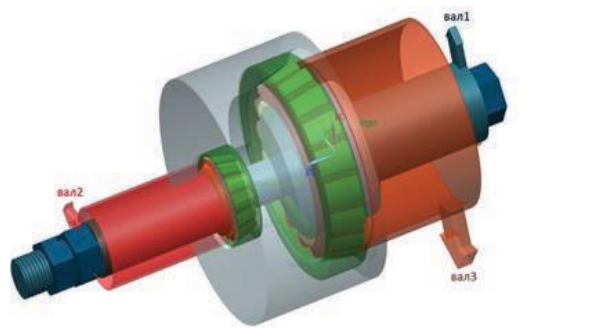
ще получат реалистични резултати в началото на развойния процес.

В симулация 1 на фиг. 8. се наблюдава процеса на предаване на движение от основният вал 1 към изходящият вал 2, който е закрепен към сепаратора на втория лагер. Предаването на въртящият момент се осъществява, чрез силите на триене, между ролките и вътрешната гривна на лагера. Тези сили причиняват въртене на ролките около собствената им ос. Външната гривна е неподвижно закрепена, като това поражда допълнително движение – планетно, на ролките и сепаратора около вътрешната гривна.



**Фиг. 8.** Симулация 1 - обозначаване на изходящите и входящите валове (фрикционна механична предавка с два един в друг съставни елемента)

В симулация 2 на фиг. 9. е показан процеса на предаване на движението от основният вал 1 към изходящите валове 2 и 3, които са закрепени към сепараторите на двата лагера. Предаването на въртящият момент се осъществява чрез силите на триене, между ролките и вътрешните гривни на лагерите. Тези сили причиняват въртене на ролките около собствената им ос. Външната гривна е неподвижно закрепена, като това поражда допълнително сателитно движение на ролките и сепаратора около вътрешната гривна.



**Фиг. 9.** Симулация 2 - обозначаване на изходящите и входящите валове (фрикционна механична предавка с два един след друг съставни елемента)



### Заклучение:

С помощта на компютърното моделиране, бързо могат да се вземат правилни решения и да се направят необходимите експерименти за получаване на техническа и дизайнерска изгодна конструкция.

С моделирането в NX, базирано върху революционната Синхронна Технология на Siemens се осигурява уникален подход към 3D дизайна. Продуктът NX 8.5 комбинира най-доброто от методите за моделирането с ограничения/фючъри и моделирането без история на създаване.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Долчинков Р. (2004). Лагерен редуктор. *Сборник научни трудове РУ "Ангел Кънчев"*, том 41, серия 2, Машиностроителни науки, Русе.
2. Долчинков Р., Генов Г., Тонев Г. (2006). Анализ и конструкции на фрикционни механични предавки със стандартни търкалящи елементи. *Национална конференция с международно участие "Технически системи и технологии 2006"*, Сливен.
3. Долчинков Р., Тонев Г. (2006). Структурен и кинематичен анализ на фрикционна предавка с два един след друг съставни елемента. *Journal of the Technical University at Plovdiv "Fundamental Sciences and Applications"*, Vol. 13.
4. Долчинков Р., Тонев Г. (2007). Структурен и кинематичен анализ на фрикционна предавка с два един в друг съставни елемента. *Годишник на БСУ*, том XV.
5. *Машиностроение, Энциклопедически справочник*. ГНТИМЛ, Москва.
6. Долчинков Р. (2014). Проектиране и симулация на фрикционни механични предавки. *Механика на машините*, година IX, книга 1, изд. ТУ Варна.
7. Колева Д., Колева М. (2014). Компютърно моделиране и симулационно изследване на фрикционни сателитни предавки. *Студентско научно творчество*, изд. БСУ.
8. Dolchinkov, R. (february 2014). New friction mechanical transmission. *International journal of engineering invention*, volume 3, issue 7.
9. Долчинков, Р. (2013). Анализ и компютърно моделиране на фрикционни механични предавки. *Дни на механиката*, Варна.
10. Долчинков, Р. (2013). Проектиране и симулация на фрикционна механична предавка. *БСУ - Научна конференция с международно участие "Знание-иновации, перспективи"*.
11. Dolchinkov, R. (2013). New friction mechanical transmission. *2-nd Electronic Internacional Interdisciplinary Conference 2013 /EISC/*.
12. Долчинков, Р. (2009). Класификация на фрикционни предавки с два съставни елемента - Част 1. *НК с МУ „Техника, технологии и системи"*, ТЕХСИС-2009, ТУ София - филиал Пловдив.
13. Долчинков, Р. (2009). Класификация на фрикционни предавки с два съставни елемента – Част 2. *НК с МУ „Техника, технологии и системи"*, ТЕХСИС-2009, ТУ София - филиал Пловдив.

Адрес: Бургаски свободен университет,  
Бургас, ул. Сан Стефано 62  
E-mail: [rado@bfu.bg](mailto:rado@bfu.bg)  
E-mail: [mkoleva@bfu.bg](mailto:mkoleva@bfu.bg)





## ОПТИМИЗАЦИОННО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЯКОСТТА НА НАТИСК ВЪРХУ ОБРАЗЦИ ОТ ПОРЦЕЛАН

СВЕТЛОЗАР ПАРМАКОВ, НИКОЛАЙ АНГЕЛОВ

**Резюме:** *Направено е оптимизационно изследване на якостта на натиск върху проби от порцелан, разглеждани като материал за индустриалното и манифактурното изработване на двумерни (стенни плочки) и тримерни продукти (съдове). Оптимизиран е режимът на изпичане на продуктите от керамика при параметър якостта на натиск и факторите – температура на печене и добавката на силикат в течната глина при отливане в гипсовите калъпи.*

**Ключови думи:** *течна глина, температура на печене, добавка на силикат*

## OPTIMIZATION INVESTIGATIONS OF COMPRESSIVE STRENGTH ON PORCELAIN SAMPLES

SVETLOZAR PARMAKOV, NIKOLAI ANGUELOV

**Abstract:** *Optimization is done research on the compressive strength of samples of porcelain, regarded as material for industrial development and manufacture of two-dimensional (wall tiles) and three-dimensional products (vessels). Optimized mode firing ceramic products in the parameter compressive strength and factors - firing temperature and the addition of silicate in the clay in liquid casting in plaster molds.*

**Key words:** *liquid porcelain, temperature firing, silicate addition*

### 1. Основни положения

Направеното изследване е част от разработваната от първия автор дисертация под ръководството на втория, в която се цели да се съчетаят двете старобългарски керамични школи – великопреславската и великотърновската при постигането на повишени експлоатационни качества на продуктите и при минимизиране на разходите за използваната енергия за изпичане. В настоящото изследване е използвана методически теорията експеримента [1, 2], а при обработването на резултатите е използвана програмната среда на Matlab [3].

### 2. Същност на изследването

С помощта на пресформа са отлети плочки с размери  $25 \pm 0,5$  mm от течен порцелан, идентичен на използвания от първия автор при изработването от него съдове. Течният порцелан за плочките съдържа 3 различни относителни включвания на силикатен разтвор. След изсушаване те се изпичат в специализирана пещ с ЦПУ, в която температурата на изпичане ( $^{\circ}\text{C}$ ) и смесване (в %) на порцелана със силикат са показани в таблица № 1.

С помощта на планиран експеримент от типа ПФЕ  $3^2$  са проведени следващите оптимизационни изследвания. За целта всяка една от изпечените общо 18 плочки е разрушена върху специализирана машина за изпитване на натиск (фиг. 1), като е отчетена стойността на натиска в daN.



Впоследствие, отчитайки площта на пробата, е пресметнато налягането в МРа, необходимо за разрушаването на отделната плочка.

**Фиг. 1.** Порцеланова плочка в зоната на натиск на машината.

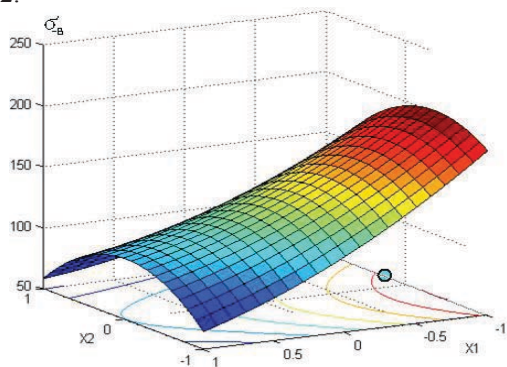
**Таблица 1.** Матрица на ПФЕ 3<sup>2</sup>.

№	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Разрушит. натиск, daN	$\bar{\sigma}_{-B}$ , МРа
	$\Theta^{\circ}, C$	% силикат		
1	+1	-1	1990	58
	1180	0	4150	
2	0	-1	12000	94
	1170	0	11500	
3	-1	-1	8100	119
	1160	0	12070	
4	+1	0	2450	97
	1180	5	6990	
5	0	0	15030	117
	1170	5	9050	
6	-1	0	14020	218
	1160	5	11050	
7	+1	+1	4750	67
	1180	10	4200	
8	0	+1	10200	119
	1170	10	8200	
9	-1	+1	15100	175
	1160	10	12050	

С помощта на Matlab е получен моделът в неговия кодиран вид:

$$\bar{\sigma}_{-B} = 135,78 - 48,33 \cdot X_1 - 15 \cdot X_2 + 11,75 \cdot X_1 \cdot X_2 + 12,34 \cdot X_1^2 - 38,66 \cdot X_2^2, \quad (1)$$

където X<sub>1</sub> и X<sub>2</sub> са кодовете на двата фактора, участващи в експеримента. С помощта на модела (1) и посредством Matlab е построена графиката на фиг.2.



**Фиг. 2.** Графика на модела (1)

След направените статистически проверки за значимост на коефициентите на модела, за еднородност на дисперсиите от отделните опити, както и за адекватност, които проверки са направени отново с помощта на Matlab и те са удовлетворителни, могат да бъдат направени следните изводи:

- отрицателните знаци пред двата линейни коефициента показват, че с нарастване на температурата и с нарастване на силиката в течния порцелан нараства крехкостта на изпечената керамика, нараства и разрушаващото напрежение, което се наблюдава видимо като „остъкляване“ на заготовките с появата на пукнатини;
- коефициентът на псевдоквадратичното, едновременно влияние на двата фактора на първа степен, е значим и е в резултат от знаците пред коефициентите на двата линейни коефициента;
- променливите знаци пред коефициентите от втори ред реализират седловидния характер на повърхнината на функцията, като максималната якост на натиск се получава при долното равнище на температурата ( $\Theta=1160^{\circ}C$ ) на печене и при 2% добавка на силикат в порцелана.

### 3. Заключение

Постигнатата оптимизация има съществен икономически потенциал, защото получената по експериментален път най-висока якост на продуктите от порцелан се реализира с по-малък разход на енергия и с относително нисък разход на силикат в течния порцелан.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Vuchkov, I., L. Boyadjieva, Quality Improvement with Design of Experiments, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2001.
2. Ангелов, Н. П., Помагало по обработване на материалите и инструментална екипировка, Издателство на ТУ-София, 2008.
3. MATLAB Image Processing Toolbox. User's Guide, "The Math-Works Inc.", 2012. [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com)

За контакти:

e-mail: [parmakov@mail.com](mailto:parmakov@mail.com)  
site: [parmakov.hit.bg](http://parmakov.hit.bg)

e-mail: [n.angelov@tu-sofia.bg](mailto:n.angelov@tu-sofia.bg)  
site: [nangelov.wix.com/nikiangelov](http://nangelov.wix.com/nikiangelov)

Авторите: маг. худ.-керамик Светослав Георгиев Пармаков е редовен докторант по Ергономия и промишлен дизайн в ТУ-София; д-р инж. Николай Петров Ангелов, д.т.н. е професор в ТУ-София и ръководител на първия автор. Разработката е част от изпълнението на докторантски договор № 142-13ПД/2014 г., финансиран от НИС при ТУ-София.



## ОТНОСНО ОБУЧЕНИЕТО НА ИНЖЕНЕРНИ СПЕЦИАЛИСТИ ЗА КОМПЮТЪРНО ПРОЕКТИРАНЕ НА ТЕХНИЧЕСКИ ИЗДЕЛИЯ В МИННОТО ПРОИЗВОДСТВО

ЖИВКО ИЛИЕВ, ГЕОРГИ ДИНЕВ

**Резюме:** В настоящата статия е изложен преглед на конкурентното инженерно проектиране с CAD/CAM/CAE технологии. Този подход е илюстриран чрез използването на 3D геометрични модели при проектирането на машини в областта на механизацията на минното производство. Инженерният анализ на продукта се извършва чрез представения честотен анализ на проектирания ротор на ударно-отражателна трошачка. Разработени са тримерни изображения в разглобен вид на сборния чертеж на роторна помпа. Получените резултати могат да бъдат използвани в курсовото и дипломното проектиране от студентите, както и от специалисти работещи в същата област.

**Ключови думи:** CAD/CAM/CAE, 3D геометрично моделиране, механизация на минното производство, симулационен честотен анализ, ротор, трошачка

## ABOUT AN EDUCATION OF ENGINEERING SPECIALISTS FOR A COMPUTER DESIGN OF THE TECHNICAL PRODUCTS IN MINING PRODUCTION

ZHIVKO ILIEV, GEORGI DINEV

**Abstract:** The present article reviews the implementation of competitive engineering designing of CAD/CAM/CAE technologies. This approach has been illustrated through the use of 3D geometrical models of designed machines in the field of mechanization of mine production. An engineering analysis of a designed product has been performed as it's been represented as a frequency analysis of a rotor of impact crusher. Three dimensional views by exploded assembly drawing have already been developed. The obtained results can be used throughout the processes of course and diploma-thesis designing that are performed by students and utilized by specialists working in the same field.

**Key words** CAD/CAM/CAE, 3D geometrical modeling, mechanization of mine production, simulation frequency analysis, rotor, crusher

### 1. Въведение.

През последните години у нас се внедриха системите за качество съгласно изискванията на ISO 9000. Качеството на продуктите е променлива категория тъй като зависи от появата на аналогичен продукт на пазара. Така, че оптималното качество е

свързано с конкурентноспособността на продуктите и да удовлетворява потребителите. Необходимо е да се вземе в предвид и пазарната цена на продукта [2].

Нашата страна е член на Европейския съюз, което задължава индустрията ни да произвежда продукти отговарящи на

директивите на ЕС. Това поставя изисквания за подготвяне на квалифицирани технически специалисти. Поради това високотехнологичните фирми в страните от ЕС използват нова технология като Product Lifecycle Management (PLM). Тези обстоятелства и препоръките дадени в [1] показват, че въпросът за обучението на технически специалисти е от съществено значение и за минната промишленост у нас.

Предвид на това в настоящата работа се обосновава подход за използването на CAD/CAM/CAE технологии за разработване на асоциативни модели, конструкторска документация и инженерен анализ на технически машини и съоръжения за минното производство.

Основните задачи, които се разглеждат са следните:

- създаване на 3D геометрични модели на съставните детайли и сглобената единица на проектирания технически продукт, както и търсене на колизии при сглобяването на модела;
- разработване на изображения за целите на конструкторската, експлоатационната и ремонтната документация;
- разработване на илюстрации за целите на каталози за резервни части и рекламни материали на проектирания продукт;
- инженерен анализ на създадения модел чрез софтуерни продукти.

Обектите на изследване са:

- помпа от забойна станция за хидротранспортна уредба
- роторна трошачка за средно трошене на седиментни или метаморфни скали.

## 2. Геометрично моделиране на технически изделия.

За създаване на геометричните модели на посочените обекти се използва програмния продукт за параметрично моделиране SolidWorks 2013.

### 2.1. Създаване на 3D геометрични модели.

За създаването на геометричните модели на съставните нестандартни детайли и сглобените единици на проектираното изделие се използват методични материали, както и получените знания и умения от лабораторните упражнения за работа в среда на Solid Works [3].

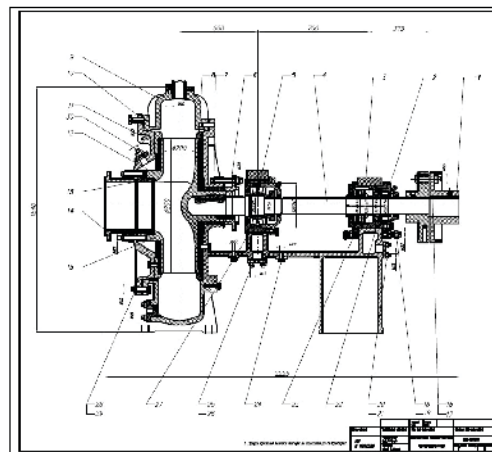
#### 2.1.1. Създаване на 3D геометричен модел на забойна помпа за хидротранспорт.

Показаната помпа на фигура 1 служи за транспортиране на въглищен пулп от добивния забой до обогатителна фабрика, където става обогатяването на въглищата.

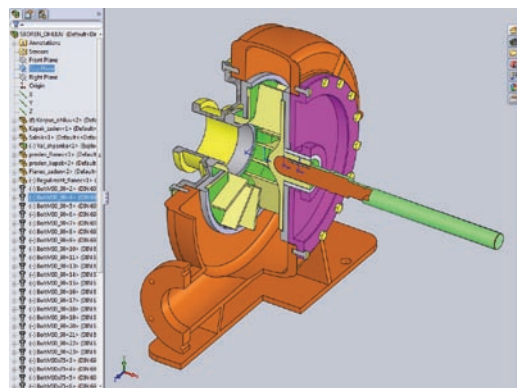
В подземните рудници хидротранспортът може да се използва за пренасяне на полезното изкопаемо (във вид на шлам или пулп) от изработките до повърхността.

Параметрите на дадената помпа са следните: дебит на помпата –  $0,38 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ; създавания от помпата напор е  $52 \text{ mH}_2\text{O}$ ; с едно работно колело и честота на въртене на вала –  $730 \text{ min}^{-1}$ .

Елементите, които са генерирани са изобразени на общия вид на 3D модела (Фиг.2). Направен е полуразрез-полуизглед, който показва детайлни подробности от конструкцията на изделието. За още по-добро онагледяване и визуализиране на помпата е дадена в разглобен вид чрез опцията „ Exploded View “ (Фиг. 3) в SolidWorks.

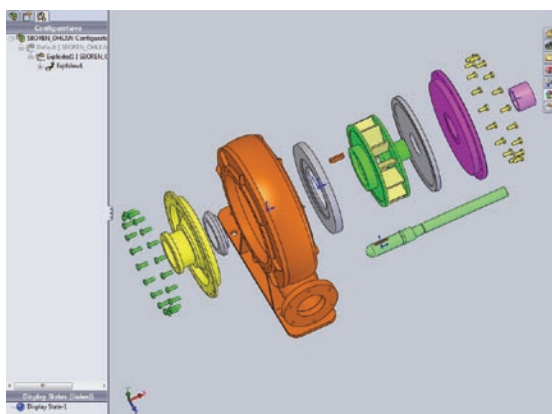


Фиг.1. Чертеж на забойна помпа за хидротранспортна уредба



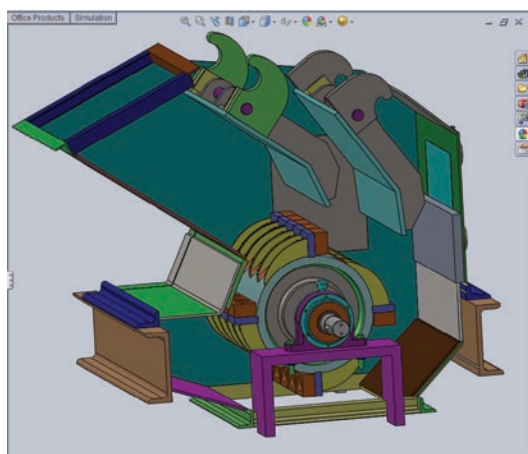
Фиг.2. 3D – модел на забойната помпа с полуизглед-полуразрез на общия вид





Фиг.3. Визуализация на 3D – модела чрез опцията Exploded View

### 2.1.2. Създаване на 3D геометричен модел на ударно-отражателна трошачка за средно трошене.

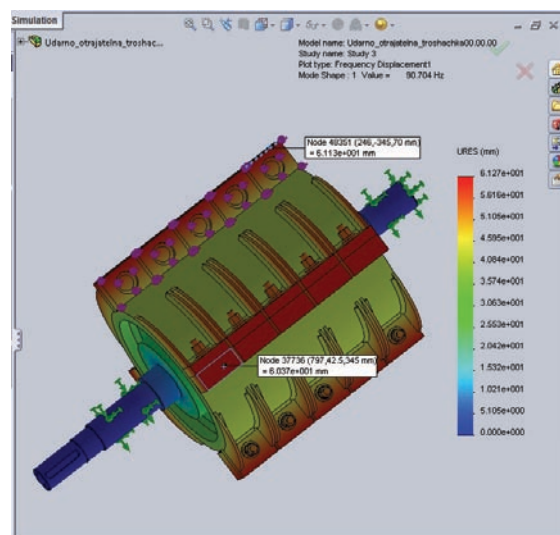


Фиг.4. 3D – модел на ударно-отражателна трошачка за средно трошене

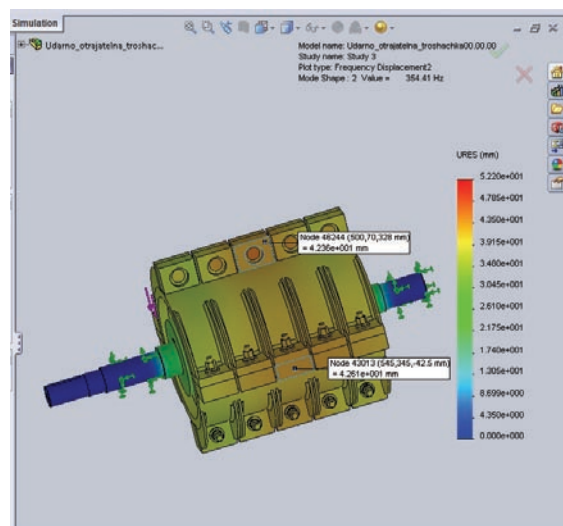
На фигура 4 е показан 3D – геометричен модел на ударно-отражателна трошачка от минно - обогатителното производство тип OM-11 [4].

Следващ етап е инженерния анализ на създадения модел чрез софтуерни продукти [5]. Направен е избор на подходящ и същевременно достатъчно мощен за изследване САЕ (Computer-aided engineering) – продукт. Тук определящи се оказаха възможностите на САЕ – софтуера Cosmos Works, който е интегриран в пакета на SolidWorks.

При този вид минно-обогатителни машини е целесъобразно да се направи симулационен модален (честотен) анализ за определянето на собствените честоти и форми с оглед на възможността за възникване на резонансни явления в системата „задвижващ вал - ротор“ на проектираната трошачка.



Фиг.5. Получени резултати за първа собствена форма на системата „задвижващ вал - ротор“



Фиг.6. Получени резултати за втора собствена форма на системата „задвижващ вал - ротор“

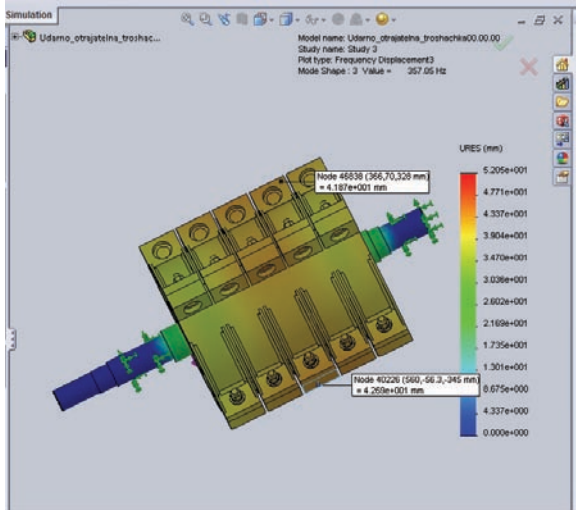
Резултатите от модалния (честотния) анализ на системата "задвижващ вал - ротор" на ударно-отражателна трошачка са визуализирани на Фиг. 5, Фиг.6 и Фиг. 7.

На Фиг. 5 е представена 1-та хармонична честота на огъване на цялата система "задвижващ вал - ротор", която представлява първа честота на огъване на ротора с чуковете –  $f_1=90,7 \text{ Hz}$ .

На Фиг. 6 е представена 2-та хармонична честота на цялата система "задвижващ вал - ротор", която представлява втора честота на огъване на ротора с чуковете –  $f_2=354 \text{ Hz}$ .

На Фиг. 7 е представена 3-та хармонична честота на цялата система "задвижващ вал - ротор".

ротор", която представлява първа честота на огъване на задвижващия вал –  $f_2=357\text{ Hz}$ .



Фиг. 7. Получени резултати за трета собствена форма на системата „задвижващ вал - ротор“

Имайки в предвид, че каталожната честота на въртене на задвижващия вал е  $12,75\text{ Hz}$  [4] е установено, че не съществува опасност за резонанс по отношение на елементи от системата "задвижващ вал - ротор" от конструкцията на трошачката, вследствие на трептения предавани от задвижването.

## 2.2. Създаване на изображения за разработване на текстова документация.

За създаването на текстова документация, като каталози за резервни части и рекламни материали е целесъобразно да се използва принципът на конкурентното инженерство. Това изисква в изпълнението на проекта да участват както инженерни така и неинженерни специалисти, т.е. да се работи в екип.

## 3. Изводи относно геометричното моделиране.

За създаването на 3D геометричните модели на съставните детайли и сглобените единици е използван програмния продукт SolidWorks. Посредством разработена методика и библиотека за геометрично моделиране на роторна помпа и ударно - отражателната трошачка обучаемите имат възможност да получат фундаментални знания и умения за работа със системата [5]. Тя позволява стъпка по стъпка да се изясни моделирането на проектираните детайли и сглобените единици. Също така търсене на колизии при сглобяването

на съставните части, както и да се моделира поведението на проектирания продукт.

## 4. Заключение.

Разработените примерни тримерни геометрични модели на изделия от механизацията на минната промишленост могат да се използват за курсово и дипломно проектиране в магистърската и докторска степен на обучение. Те дават възможност на студентите да придобият знания и умения при изследване на обекти в процесът на проектиране чрез инженерен анализ. Също така асоциативния характер на CAD/CAM/CAE технологията разширява познанията на бъдещите инженерни специалисти за значимостта на нейното използване при разработването на конструкторската документация.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зафиров Д.,(2009) Гладът на евтината индустрия (какви технически специалисти и документация са необходими), Българско списание за инженерно проектиране, Бр. 2 ,с. 10-13.
2. Коновалов А., (1998) Метрологическое обеспечение качества, Избрание учение записки ИГУ, Иркутск, , том 3, с. 28-29.
3. Dinev G., L. Baltova (2012) CAD geometrical modeling of hydro mechanical product, Journal Advanced Materials and Research, Vol 463-464, pp 1206-1209.
4. Илиев Ж., Переновски Н., (2014.) Използване на метода на крайните елементи при компютърно моделиране на ударно-отражателна трошачка за средно трошене, Научно списание "Механика Транспорт Комуникации", ВТУ, бр.3.
5. Ташев М., Йорданов П., (2012) Инженерен анализ с метод на крайни елементи, Изд. ЕКС- Принт, Габрово, с. 126.

Faculty of Mining Electromechanics  
University of Mining and Geology "St.Ivan Rilski", Sofia  
Prof. Boyan Kamenov St.  
1700 Sofia  
Technical University of Sofia, Kliment Ohridski N8 Boul.  
1700 Sofia  
BULGARIA  
E-mail: halkopirit@mail.bg  
E-mail: gdinev@tu-sofia.bg



## ПРИЛОЖЕНИЕ НА МАТЕМАТИЧЕСКИ МЕТОДИ ПРИ ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТЕХНОЛОГИЧНИ ПАРАМЕТРИ В ШЕВНАТА ИНДУСТРИЯ

СНЕЖИНА АНДОНОВА, ЕЛЕНА БЛАГОВА

**Резюме:** Предмет на настоящия доклад е прилагането на трифакторен дисперсионен анализ при изследването на силата на опън на игления конец с универсални шевни машини. Установена е статистическата значимост на влиянието на трите фактора по отделно и съвместно върху силата на опън на игления конец. Трите изследвани фактора са както следва:  $F_A$  - подлепване на обработваните текстилни материали;  $F_B$  - маса на обработвания ленен текстилен материал;  $F_C$  – брой обработвани катове. За да се оцени доколко е съществено влиянието на факторите  $F_A$ ,  $F_B$ ,  $F_C$  /поотделно и съвместно/ върху силата на опън на игления конец, общият комплекс е разгледан като съвкупност от всички възможни комбинации от двуфакторни комплекси.

За целта се прилага последователно двуфакторен дисперсионен анализ за двуфакторните комплекси  $F_A - F_B$ ;  $F_A - F_C$  и  $F_B - F_C$ .

**Ключови думи:** шевна индустрия, многофакторен дисперсионен анали, сила на опън на игления конец

## APPLICATION OF MATHEMATICAL METHODS IN THE STUDY OF THE TECHNOLOGICAL PARAMETERS IN THE SEWING INDUSTRY

SNEZHINA ANDONOVA, ELENA BLAGOVA

**Abstract:** The presented paper deals with triple-factor disperse analysis for examining the thread tension force with universal sewing machines. The effect of each of these factors and of their combination on the thread tension force is scrutinized. The three factors are as follows:  $F_A$  - gluing of the treated textile materials;  $F_B$  - mass of processed linen textile materials;  $F_C$  - number of processed Ply. In order to estimate the significance of the effect of factors  $F_A$  and  $F_B$  (taken separately and in combination) on the thread tension force, the whole complex is considered double-factored.

In a similar fashion, the effect of the other possible double-factor combinations:  $F_A - F_C$ , as well as  $F_B - F_C$  is taken into account.

**Key words:** sewing industry; triple-factor disperse analysis; thread tension force

### 1. Въведение

Голямото разнообразие от текстилни материали /ТМ/, използвани в шевната индустрия, от моделни разработки и от

технологични варианти за реализирането им, налага непрекъснато пренастройване /регулиране/ на отделните технологичните

параметри на шевните машини за оптимизиране на качеството и производителността.

Един от основните параметри при шевните машини, определящ производителността и качеството на бодовия ред е силата на опън на игления конец.

В съвременните шевни фирми максималната сила на опъването на горния конец се регулира ръчно от дисковата спирачка, въз основа на опита и усета на оператора на машината или технолога. Това създава условия за влияние на субективния фактор върху качеството и производителността при бодообразуване.

В тази връзка, се налага необходимостта от осъществяването на множество предварителни научно - обосновани изследвания и анализи за прецизиране на редица причинно-следствени връзки при изследване на силата на опън на горния конец при конкретните технологични условия на работа.

Съществуват редица фактори, влияещи върху силата на опън на игления конец. Влиянието на някои от тях върху опъването на горния конец е било предмет на изследване от редица фирми в световен мащаб като Juki, Textima, Pfaff, Omnitex, Brother, Rimoldi и др. Голяма част от резултатите от тези изследвания, обаче са конфиденциална или комерсиална информация.

У нас е изследвано влиянието на отделни фактори върху силата на опън на игления конец [1, 2].

Особен интерес представлява изследването на признака сила на опън на игления конец при варирането на два и повече фактора /при динамични условия на работа на шевните машини/ чрез прилагането на математико - статистически метод за изследване и анализ. За целта в работата [2] е приложен двуфакторен дисперсионен анализ, а настоящата работа е нейно продължение, свързано с прилагането на трифакторен дисперсионен анализ.

От анализа на модните тенденции по отношение на състав на текстилните материали, които са актуални за сезона пролет-лято 2015 г., може да се обобщи, че това са ленените и ленен тип текстилни материали.

От друга страна, при изследване на силата на опън на игления конец до сега у нас влиянието на фактора подлепване на текстилните материали не е било предмет на изследване.

## 2. Изложение

В контекста на гореизложеното целта на настоящата работа е, като се използва статистически метод за анализ и оценка /три факторен дисперсионен анализ/, да се установи доколко е съществено, поотделно и съвместно, влиянието на факторите:

- $F_A$  – подлепване на обработваните ТМ;  
- $F_B$  - маса на обработваните ленени текстилни материали;  
- $F_C$  – броя катове на обработвания пакет ТМ,  
върху отклонението на признака – сила на опън на игления конец.

При провеждане на експериментите силата на опън на игления конец се отчита с компютърно-интегрирана информационно - измервателна система /ИС/ [3].

Измерванията за всеки експеримент са осъществени при динамични условия.

Използвана е машина за бодов ред от подклас 301 – JUKI (Япония) и стъпка на бодовия ред –  $T = 3$  mm. При избора на шевна игла е отчетено, че БДС препоръчва при съединяване на ТМ с еднакъв състав и структурни характеристики, за двуслоен пакет да се използват определени дебелини на иглите, а за три – и многослоен пакет, съответно по дебели игли. Следователно, за опитите, при които се съединяват 1 и 2 ката ТМ е избрана шевна игла № 75; за опитите при които се съединяват 4 ката ТМ е избрана шевна игла № 85.

Шевния конец, с който се реализират експериментите – конец със състав 100 П, търговски № 50.

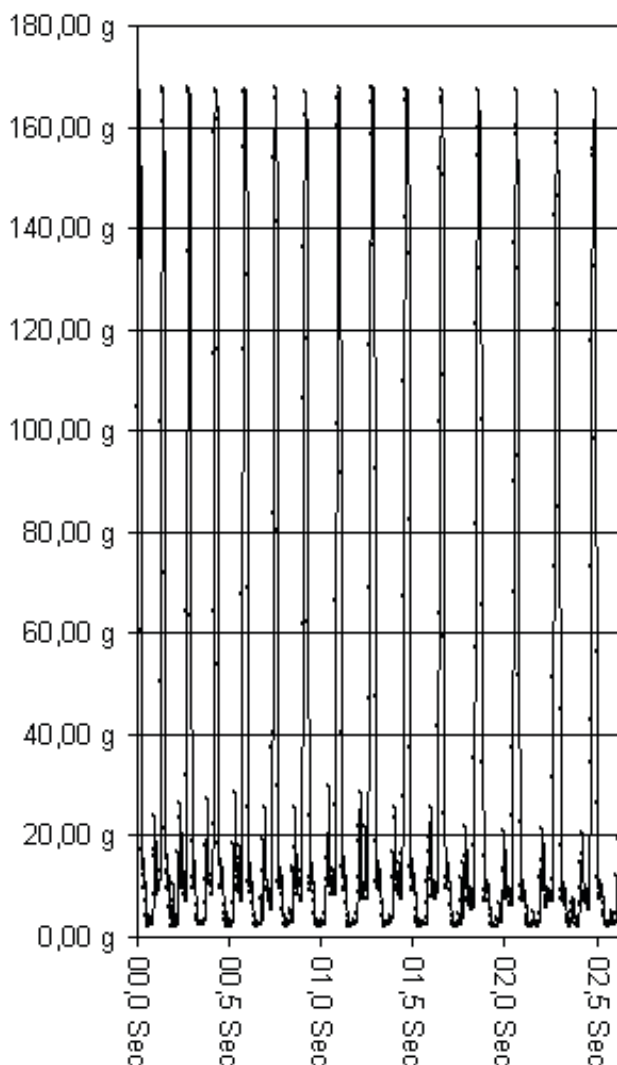
За всеки експеримент концеопъвачът предварително се настройва, така че преплитането на горен и долен конец да става по средата на съединяваните ТМ.

Измерването започва от горна мъртва точка /ГМТ/ на иглата, като се поддържа постоянна скорост на въртене на главния вал в продължение на 10 секунди.

Характерът на изменение на силата на опън на игления конец във времето е даден на фиг.1., като е направена репрезентативна извадка на записаните стойности от измервателната система на силата на опън за 2,5 секунди.

Скоростта на въртене на главния вал се определя по броя на амплитудите, както се вижда на Фиг. 1. за единица време.





Фиг. 1. Характер на изменение на силата на опън на игления конец

Измервателната система е калибрована така, че да отчита резултатите от измерването на силата на опън в грам-сила [gf]. Това налага допълнителното превръщане на резултатите от изследванията, както следва:  $1 \text{ gf} = 9,80665 \cdot 10^{-3} \text{ N} = 0,98 \text{ cN}$ .

Текстилните материали, с които са проведени експериментите са:

-артикул "GUIDO" -82134 - 100% лен, производство на "MIROGLIO LANA" – Сливен, маса - 220 g/l.m., при максимална широчина на плата 151/153 см;

-артикул "BERGEN 2" -82255 - 100% лен, производство на "MIROGLIO LANA" – Сливен, маса - 255 g/l.m., при максимална широчина на плата 151/153 см;

-артикул "DAMLA" -85025 - 100% лен, производство на "MIROGLIO LANA" – Сливен,

маса - 310 g/l.m., при максимална широчина на плата 151/153 см.

Подлепващия материал, използван при провеждане на експериментите е еко серия «ИНА», предлаган от фирма И.Н.А.-Трейдинг ООД, артикул 7118, нетъкан, състав – полиамид/полиестер, площна маса 30 гр/м<sup>2</sup>, двойно-точково лепилно наслояване – 110 СР.

При провеждане на трифакторния дисперсионен анализ, стойностите на вариантите на факторите  $F_A$ ,  $F_B$ , и  $F_C$  са:  $F_{A1}$  = неподлепени текстилни материали;  $F_{A2}$  = подлепени текстилни материали;  $F_{B1}$  = 220 g/l.m., при максимална широчина на плата 151/153 см;  $F_{B2}$  = 255 g/l.m., при максимална широчина на плата 151/153 см;  $F_{B3}$  = 310 g/l.m., при максимална широчина на плата 151/153 см;  $F_{C1}$  = 1 брой кат;  $F_{C2}$  = 2 броя ката;  $F_{C3}$  = 4 броя ката.

За да се оцени доколко е съществено влиянието на факторите  $F_A$ ,  $F_B$ ,  $F_C$  /поотделно и съвместно/ върху силата на опън на игления конец, общият комплекс се разглежда като съвкупност от всички възможни комбинации от двуфакторни комплекси [4,5,6]. За целта се прилага последователно двуфакторен дисперсионен анализ за двуфакторните комплекси  $F_A - F_B$ ;  $F_A - F_C$ ;  $F_B - F_C$ .

Разглежда се двуфакторния комплекс[7,8]  $F_A - F_B$ , където:

$X$  [cN] – стойност на максималната сила на опън на игления конец, отчетена при всеки опит /определя се като средно аритметична стойност от максималните стойности на силата на опън, получени за 10 секунди/;

$m = 3$  – брой повторения за всяка от комбинациите от варианти на факторите;

$a = 2$  – брой варианти на фактора  $F_A$ ;

$b = 3$  - брой варианти на фактора  $F_B$ ;

$\bar{X}$  -обща средноаритметична;  $N$  – общ брой изпитвания;  $N = abm$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{N=abm} X_i}{N} = 161,8 \text{ cN} \quad (1)$$

$$M_B = \frac{\sum X_B}{ma} \quad (2)$$

$$H_A = \frac{\sum X_A}{mb} \quad (3)$$

$$M_{AB} = \frac{\sum X_{AB}}{m} \quad (4)$$

Средните стойности по фактора  $F_B$  са  $M_B$ , а средните по фактора  $F_A$  са  $H_A$ .

За автоматизиране на анализа се използва програма Excel, подпрограма Anova Two-Factor With Replication[7], която позволява оценката както на двата фактора, така и на взаимодействието им.

След провеждане на изследванията и направените пресмятания по методиката, представена в (1), (2), (3), (4), заложената в подпрограма Anova са получени следните резултати:

$$\begin{aligned} M_{A1B1} &= 172,2cN; & M_{A2B1} &= 158,5cN; \\ M_{A1B2} &= 168cN; & M_{A2B2} &= 156,2cN; \\ M_{A1B3} &= 162,5cN; & M_{A2B3} &= 153,3cN \end{aligned}$$

$$Q_t = mb \sum (H_A - \bar{X})^2 \quad (5)$$

$$Q_c = ma \sum (M_B - \bar{X})^2 \quad (6)$$

$$Q_{tc} = m \sum [(M_{AB} - \bar{X}) - (H_A - \bar{X}) - (M_B - \bar{X})]^2 \quad (7)$$

$$Q_z = \sum (X_{AB} - M_{AB})^2 \quad (8)$$

$Q_z$  е вътрешногруповата вариация.

**Таблица 1.** Протокол с компонентите на дисперсията на двуфакторния комплекс  $F_A - F_B$

Сума от квадратите на отклоненията	Степен и на свобода	Дисперсия
1.Между групите на фактор $F_A$ $Q_t = 605,5$	$f_A = 1$	$S_A^2 = \frac{Q_t}{f_A} = 605.5$
2.Между групите на фактор $F_B$ $Q_c = 165.3$	$f_B = 2$	$S_B^2 = \frac{Q_c}{f_B} = 82.65$
3.Между групите на взаимодействие на $F_A$ и $F_B$ $Q_{tc} = 11.01$	$f_{AB} = 2$	$S_{AB}^2 = \frac{Q_{tc}}{f_{AB}} = 5.51$
4.Вътрешногрупова $Q_z = 4.51$	$f_z = 12$	$S_z^2 = \frac{Q_z}{f_z} = 0,38$

Степените на свобода се определят, както следва:

$$\begin{aligned} f_A &= a - 1; & f_B &= b - 1; & f_{AB} &= (a - 1)(b - 1); \\ f_z &= abm - ab; & f &= abm - 1 \end{aligned} \quad (9)$$

След провеждане на изследванията и направените аналитични пресмятания по горепосочената методика  $/(1) \div (9)/$ , са получени резултати за компонентите на дисперсията, обобщени в табл. 1.

За оценка на получените дисперсии се използва критерия на Фишер.

За целта се определят съответните разчетни и таблични стойности на  $F$  – критерия:

$$F_{RA} = \frac{S_A^2}{S_z^2} = 1593,4 \quad (10)$$

$$F_{RB} = \frac{S_B^2}{S_z^2} = 217,5 \quad (11)$$

$$F_{RAB} = \frac{S_{AB}^2}{S_z^2} = 14,5 \quad (12)$$

$$F_{TA} \left\{ \begin{array}{l} f_1 = a - 1 \\ f_2 = abm - ab \\ r = 0,01 \end{array} \right\} = 9,33 \quad (13)$$

$$F_{TB} \left\{ \begin{array}{l} f_1 = b - 1 \\ f_2 = abm - ab \\ r = 0,01 \end{array} \right\} = 6,93 \quad (14)$$

$$F_{TAB} \left\{ \begin{array}{l} f_1 = (a - 1)(b - 1) \\ f_2 = abm - ab \\ r = 0,01 \end{array} \right\} = 6,93 \quad (15)$$

След сравняване на получените разчетни стойности с табличните стойности на критерия на Фишер, може да се обобщи - факторите  $F_A$  и  $F_B$  влияят съществено /по отделно и съвместно/ върху силата на опън на горния конец при избраното ниво на значимост  $r = 0,01$ .

Разглежда се двуфакторния комплекс  $F_A - F_C$ , за който са получени следните резултати:  $\bar{X} = 155,78$  cN,

$$\begin{aligned} M_{A1C1} &= 177,5cN; & M_{A1C2} &= 167cN; \\ M_{A1C3} &= 145,17cN; & M_{A2C1} &= 171cN; \\ M_{A2C2} &= 155,17cN; & M_{A2C3} &= 118,83cN \end{aligned}$$

Компонентите на дисперсията са обобщени в табл. 2.

Съответните разчетни и таблични стойности на F – критерия са:

$$F_{RA} = \frac{S_A^2}{S_Z^2} = 925,08; \quad F_{RC} = \frac{S_C^2}{S_Z^2} = 2596,3;$$

$$F_{RAC} = \frac{S_{AC}^2}{S_Z^2} = 146,44;$$

$$F_{TA} \left\{ \begin{matrix} f_1 = 1 \\ f_2 = 12 \\ r = 0,01 \end{matrix} \right\} = 9,33; \quad F_{TC} \left\{ \begin{matrix} f_1 = 2 \\ f_2 = 12 \\ r = 0,01 \end{matrix} \right\} = 6,93$$

$$F_{TAB} \left\{ \begin{matrix} f_1 = 2 \\ f_2 = 12 \\ r = 0,01 \end{matrix} \right\} = 6,93$$

**Таблица 2.** Протокол с компонентите на дисперсията на двуфакторния комплекс  $F_A - F_C$

Сума от квадратите на отклоненията	Степен и на свобода	Дисперсия
1.Между групите на фактор $F_A$ $Q_t = 999,09$	$f_A = 1$	$S_A^2 = \frac{Q_t}{f_A} = 999,09$
2.Между групите на фактор $F_C$ $Q_c = 5608$	$f_C = 2$	$S_C^2 = \frac{Q_c}{f_C} = 2804$
3.Между групите на взаимодействие на $F_A$ и $F_C$ $Q_{ic} = 316,29$	$f_{AC} = 2$	$S_{AC}^2 = \frac{Q_{ic}}{f_{AC}} = 158,15$
4.Вътрешно групова $Q_z = 13,01$	$f_Z = 12$	$S_Z^2 = \frac{Q_Z}{f_Z} = 1,08$

След сравняване на получените разчетни стойности с табличните стойности на критерия на Фишер, може да се обобщи - факторите  $F_A$  и  $F_C$  влияят съществено /по отделно и съвместно/ върху силата на опън на горния конец при избраното ниво на значимост  $r = 0,01$ .

Разглежда се двуфакторния комплекс  $F_B - F_C$ , където:  $\bar{X} = 161,74 \text{ cN}$ ,

$$M_{B1C1} = 178 \text{ cN}; \quad M_{B1C2} = 170 \text{ cN};$$

$$M_{B1C3} = 151 \text{ cN}; \quad M_{B2C1} = 175,33 \text{ cN};$$

$$M_{B2C2} = 166 \text{ cN}; \quad M_{B2C3} = 144 \text{ cN}$$

Компонентите на дисперсията са обобщени в табл. 3.

**Таблица 3.** Протокол с компонентите на дисперсията на двуфакторния комплекс  $F_B - F_C$

Сума от квадратите на отклоненията	Степен и на свобода	Дисперсия
1.Между групите на фактор $F_B$ $Q_t = 380,89$	$f_B = 2$	$S_B^2 = \frac{Q_t}{f_B} = 190,5$
2.Между групите на фактор $F_C$ $Q_c = 4604$	$f_C = 2$	$S_C^2 = \frac{Q_c}{f_C} = 2302$
3.Между групите на взаимодействие на $F_B$ и $F_C$ $Q_{ic} = 41,48$	$f_{BC} = 4$	$S_{BC}^2 = \frac{Q_{ic}}{f_{BC}} = 10,4$
4.Вътрешно групова $Q_z = 13,83$	$f_Z = 18$	$S_Z^2 = \frac{Q_Z}{f_Z} = 0,77$

Съответните разчетни и таблични стойности на F – критерия са:

$$F_{RB} = \frac{S_B^2}{S_Z^2} = 247,34; \quad F_{RC} = \frac{S_C^2}{S_Z^2} = 2989,6;$$

$$F_{RBC} = \frac{S_{BC}^2}{S_Z^2} = 13,47; \quad F_{TB} \left\{ \begin{matrix} f_1 = 2 \\ f_2 = 18 \\ r = 0,01 \end{matrix} \right\} = 6,01;$$

$$F_{TC} \left\{ \begin{matrix} f_1 = 2 \\ f_2 = 18 \\ r = 0,01 \end{matrix} \right\} = 6,01 \quad F_{TCB} \left\{ \begin{matrix} f_1 = 4 \\ f_2 = 18 \\ r = 0,01 \end{matrix} \right\} = 4,58$$

След сравняване на получените разчетни стойности с табличните стойности на критерия на Фишер, може да се обобщи - факторите  $F_B$  и  $F_C$  влияят съществено /по отделно и съвместно/ върху силата на опън на горния конец при избраното ниво на значимост  $r = 0,01$ .

### 3. Заключение

Проведен е трифакторен дисперсионен анализ за установяване значимостта на влиянието на факторите:  $F_A$  – подлепване на текстилните материали;  $F_B$  – маса на ленените текстилни материали;  $F_C$  – броя катове на обработвания пакет ТМ, върху отклонението /максималната стойност/ на признака сила на опън на игления конец.

Чрез този математико-статистически метод за анализ и оценка е доказано, че влиянието на факторите  $F_A$ ,  $F_B$  и  $F_C$ , по отделно и съвместно върху силата на опън на игления конец е статистически значимо при избраното ниво на значимост.

Голямото разнообразие от текстилни материали налага непрекъснато експериментиране за установяване на оптималните стойности на опъване на игления конец за ТМ, с който ще се работи според неговия състав, маса, съответния брой обработвани катове, както и според това дали е подлепен или не. Тези изследвания осигуряват предварително определяне на оптималната сила на опън на игления конец и високоточно прецизно настройване на шевните машини /избягва се влиянието на субективния фактор/, което е от съществено значение, особено за серийното производство.

Получените резултати създават условия за вземане на бързи и точни решения в отговор на конкретни технологични проблеми.

**Настоящият научен труд е разработен в изпълнение на проект по Наредба №9/8.08.2003 г. на МОН на тема "Изследвания за повишаване ефективността на технологични процеси в шевната индустрия" – SRP - B14/15, финансиран от университетски фонд за научни изследвания за 2015 г. на Югозападен университет „Неофит Рилски”- Благоевград**

### ЛИТЕРАТУРА

1. Андонова, Сн. и Трифонов, К. (2006). Изследване силата на опън на горен конец

на шевна машина при статични условия, *сп. Текстил и облекло*, бр. 9, стр. 21-24.

2. Андонова, Сн. (2007). Приложение на двуфакторен дисперсионен анализ при изследване силата на опън на игления конец, *Сборник с научни доклади от Международна научна конференция "УНИТЕХ 07" -Габрово, 18-19 ноември, том II*, стр. 428-431, Габрово.
3. Трифонов, К., Андонова, Сн., Гебов, В. (2006). Компютърно интегрирана система за измерване силата на опъване на игления конец, *сп. Текстил и облекло*, бр. 5, стр. 17-20.
4. Дамянов, Г. (1977). *Математически методи за планиране на експеримента при изследванията в текстилната промишленост*, стр. 81-99, МЛП-Институт по облекло и текстил, София.
5. Германова-Кръстева Д. (2012). *Учебник по Текстилни изпитвания и анализ*, стр. 7-35, Издателство на Технически университет-София, София.
6. Damyanov G., Germanova-Krasteva, D. (2012). *Textile Processes: Quality Control and Design of Experiments*, pp. 73-78, Momentum Press, N. Y.
7. Германова-Кръстева Д. (2007). *Ръководство за лабораторни упражнения по Текстилни изпитвания и анализ*, стр. 37-52 Издателство на Технически университет-София, София.
8. Лозанов, Л., Герасимова, Ел. (2004). Използване на двуфакторния дисперсионен анализ при изучаване влиянието на условията за определяне на сука на преждата, *Сборник с научни доклади от Международна научна конференция "УНИТЕХ 04" -Габрово, 18-19 ноември, том II*, стр. 428-431, Габрово.

Контакти:

E-mail: [andonova\\_sn@abv.bg](mailto:andonova_sn@abv.bg)  
[elene@abv.bg](mailto:elene@abv.bg)





## КЛАСИФИКАЦИЯ НА ИНЕРЦИОНИ ТРАНСФОРМАТОРИ НА ВЪРТЯЩ МОМЕНТ

ВАЛЕРИ БАКЪРДЖИЕВ

**Резюме:** В статията е направен опит да се представи класификация на инерционни трансформатори на въртящ момент (ИТВМ), на база на техните конструктивни особености. Извършва се кратко описание на използваните в ИТВМ импулсни механизми и еднопосочни съединители. В статията се разглеждат възможностите, устройството им и тяхното практическо приложение. На всеки вид ИТВМ е показана схема, онагледяваща неговата конструкция и принципа му на действие.

**Ключови думи:** Инерционни трансформатори на въртящ момент, ИТВМ, еднопосочен съединител

## A CLASSIFICATION OF TORQUE INERTIAL CONVERTERS

VALERI BAKARDZHIEV

**Abstract:** In this article it is made an attempt to present a classification of torque inertial converters (TIC) based on their constructive properties. It is made a brief description of the impulse mechanisms and the one-way clutches used in the TIC. The article discusses the opportunities, the device and their practical application. It is shown a scheme of each kind of TIC which showcases its construction and action principle.

**Key words:** torque inertial converters (TIC), one-way clutches, continuously variable transmission (CVT)

### 1. Увод

В много съвременни машини е необходимо регулиране скоростта на изпълнителните органи в зависимост от условията на технологичния процес, от възникващите съпротивления и т.н. Обикновено е необходимо предавателното отношение на предавката между двигателя и работната машина да нараства при нарастване на полезния съпротивителен момент. Съществуват стъпално и безстъпално (плавно) изменение на предавателното отношение, като плавното е по-добро, но по-трудно осъществимо. Това осъществяване може да стане чрез механични, хидравлични или електрически предавки.

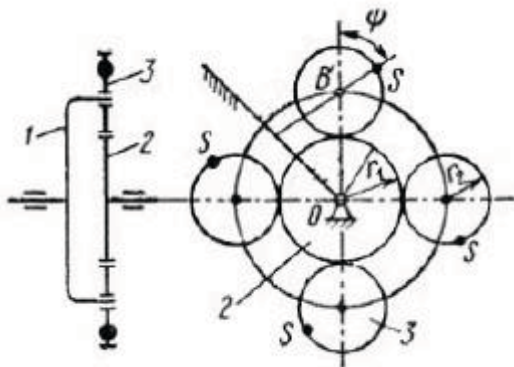
Инерционните трансформатори на въртящ момент (ИТВМ) представляват механични автоматични безстъпални предавки отличаващи се с ред предимства: компактна конструкция, висок КПД, широк диапазон на трансформиране на въртящия момент и т.н. Могат да преминават от режим на т.нар. динамичен съединител (при нисък съпротивителен момент) през режим на трансформация на въртящия момент до т.нар. „стопов” режим (двигателят се върти дори при блокиран изходния вал). Именно заради това нашето внимание ще бъде насочено да се извърши класификация на ИТВМ с цел умение при избора за всеки конкретен случай на тяхното използване.

## 2. Видове импулсни механизми използвани в ИТВМ

Един от основните елементи на всеки ИТВМ е неговия импулсен механизъм. Тези импулсни механизми[11] се състоят основно от следните звена: 1-входен маховик, 2-реактор, 3-звена с ексцентрично разположени тежести. При движение момента се предава от входния маховик към звената с тежести, които имат ексцентрично разположени маси с цел създаването на знакопроменлив въртящ момент, което е в следствие на действието на инерционните сили върху тях. Звеното, което получава този момент от звената с тежести се нарича реактор. Именно колебателното движение на реактора обуславя импулския принцип на работа на ИТВМ. На схемите с точката S е означен масовия център на звеното с тежести, а точката В е оста на въртене на звеното с тежести.

### 2.1 Импулсен механизъм на Хобс

Импулския механизъм на Хобс[2] показан на фигура 1 представлява планетна предавка, на която входния маховик 1 служи за водило на звената с тежести 3. Звената с тежести са съставени от сателитни зъбни колела с ексцентрично разположени тежести, а реактора 2 се явява централното зъбно колело на планетната предавка. Звената с тежести могат да бъдат 2,3, 4 или повече, но най-често се използват 6. С ъгъл  $\psi$  е означено завъртането на звената с тежести спрямо входния маховик.



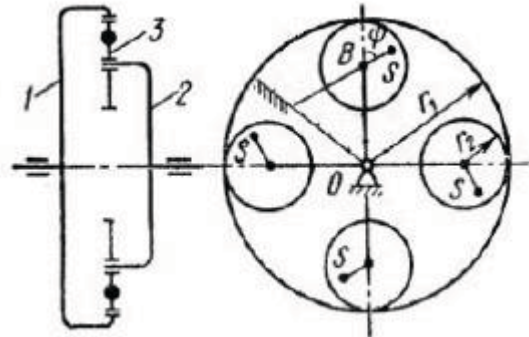
Фиг. 1. Импулсен механизъм на Хобс

Импулския механизъм на Хобс е използван от английската фирма Maudslay за ИТВМ задвижващ товарен автомобил.

### 2.2 Импулсен механизъм на Чалмерс

Импулския механизъм на Чалмерс[3] показан на фигура 2 се състои от планетна предавка, на която зъбния венец се използва за входящ маховик 1, сателитните зъбни колела са

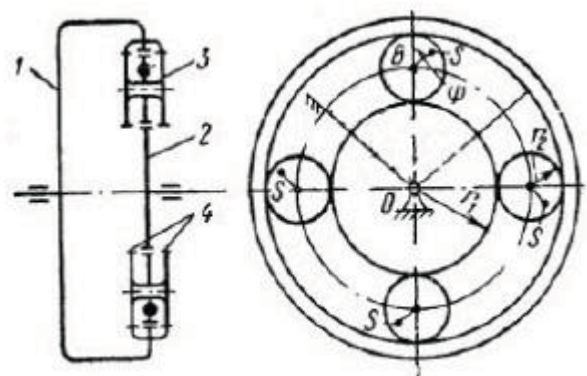
с ексцентрично разположени тежести и играят ролята на звена с тежести 3, а реактора 2 се явява водило на сателитните зъбни колела. Както и при импулския механизъм на Хобс могат да се използват различен брой звена с тежести.



Фиг. 2. Импулсен механизъм на Чалмерс

### 2.3 Импулсен механизъм на Левин

Импулския механизъм на Левин[1] показан на фигура 3 представлява планетна предавка, на която зъбния венец се явява входящия маховик 1 на импулския механизъм. Звената с тежести 3 представляват сателитните зъбни колела с разположени по тях ексцентрични тежести. Реактора 2 на този импулсен механизъм е централното зъбно колело на планетната предавка. Импулския механизъм на Левин се отличава от останалите по „плаващите“ звена с тежести. Наричат се плаващи защото сателитните зъбни колела не са монтирани на водило. Характерното за този импулсен механизъм е, че може да предава силовия поток освен в показаното на фигурата направление, а и в обратното.

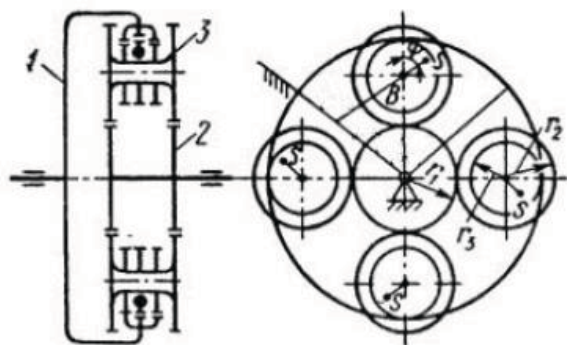


Фиг. 3. Импулсен механизъм на Левин

### 2.4 Обобщен импулсен механизъм

Обобщения импулсен механизъм[1] показан на фигура 4., е подобен на този на Левин. Механизма отново се състои от планетна

зъбна предавка, на която зъбният венец се явява входящия маховик 1 на импулсния механизъм, а звената с тежести се явяват сателитните зъбни колела с разположени по тях тежести. Разликата между предавката на Левин и обобщения импулсен механизъм е в сателитните зъбни колела, които се състоят от две зъбни колела които са твърдо свързани едно с друго. Едното зацепване е между венца и сателита, а другото между сателита и централното зъбно колело 2, което се явява реактора на импулсния механизъм.

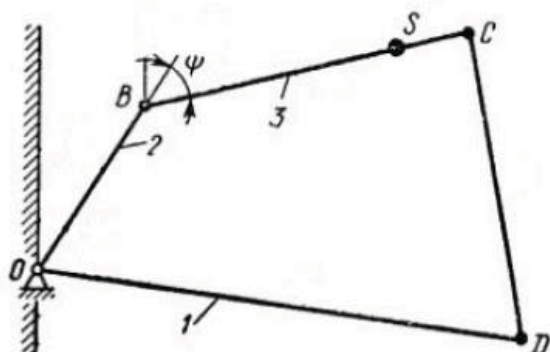


Фиг. 4. Обобщен импулсен механизъм

Обобщения импулсен механизъм има по широки възможности за избор на варианти на параметрите спрямо импулсните механизми на Хобс, Чалмерс и Левин.

### 2.5 Непаралелограмен импулсен механизъм

Непаралелограмен импулсен механизъм [1] показан на фигура 5 за пръв път е бил използван в ИТВМ на шведската фирма Спонтан[2].



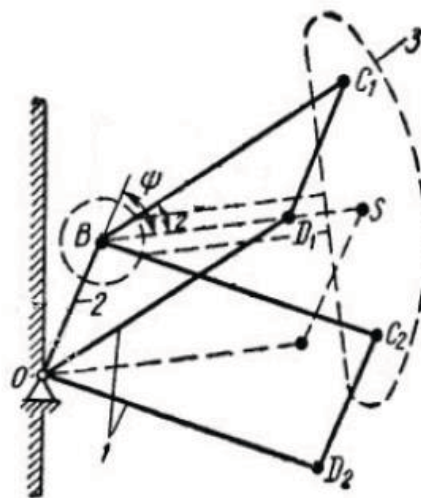
Фиг. 5. Непаралелограмен импулсен механизъм

При този механизъм входния маховик 1 получава движение от двигателя. Посредством

междинно шарнирно звено CD входния маховик се свързва със звената с тежести 3. От друга страна звената с тежести са разположени на ексцентрични лагери благодарение на това се генерират импулси вследствие на действието на инерционните сили, които се предават на реактивния вал 2. С ъгъл  $\psi$  е означено завъртането на звената с тежести спрямо реактора на импулсния механизъм.

### 2.6 Паралелограмен импулсен механизъм

Паралелограмен импулсен механизъм[4] показан на фигура 6 е бил предложен с цел да се отстранят недостатъците на непаралелограменния.



Фиг. 6. Паралелограмен импулсен механизъм

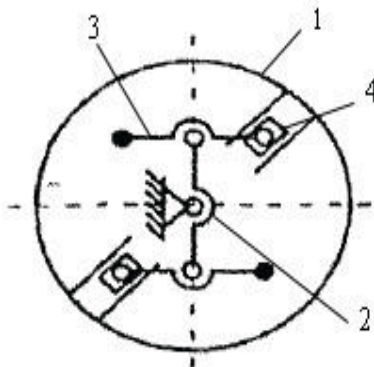
Един от тези недостатъци е трудното съставяне на диференциалното уравнение[5][6] описващо движението на непаралелограменния импулсен механизъм. Друга съществена разлика е използването на две шарнирни звена  $C_1D_1$  и  $C_2D_2$  за предаване на движението към звената с тежести 3, също така входния маховик 1 условно е изобразен с  $OD_1$  и  $OD_2$ , а реактора 2 е изобразен с  $OB$ . Отново с ъгъл  $\psi$  е означено завъртането на звената с тежести 3 спрямо реактора 2 на импулсния механизъм.

### 2.7 Импулсен механизъм с плъзгач

Импулсен механизъм с плъзгач[7] е показана на фигура 7. Входния маховик 1 има канал, в който влиза плъзгача 4. При движение на входния маховик плъзгача предава движение на звената с тежести 3. Получените импулси следствие на действието на инерционните сили се предават на реактора 2. При стопиран реактор и въртене на входящия маховик с постоянна ъглова скорост звената с тежести се движат с два пъти по-висока скорост от входящия маховик. Въпреки постоянната скорост



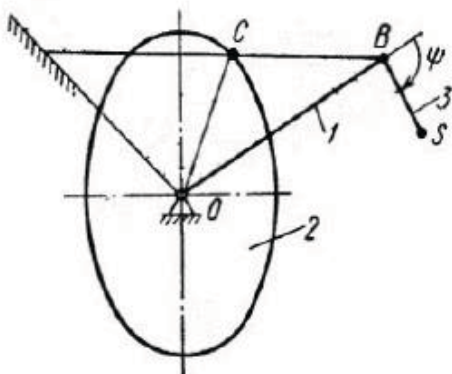
механизма има неопределеност на позициите на плъзгача. За това при използването на този тип импулсен механизъм се налага да се използва механизъм за коригиране на тази неопределеност.



Фиг. 7. Импулсен механизъм с плъзгач

### 2.8 Ексцентричен импулсен механизъм

Показания на фигура 8 ексцентричен импулсен механизъм е предложен от проф.Балджи.[8]



Фиг. 8. Ексцентричен импулсен механизъм

При този механизъм входния маховик 1 звеното ОВ на фигура 8 предава движение посредством шарнирно звено в точката В на звената с тежести 3 на фигурата CBS, които са разположени на ексцентрици. Реактора 2 се явява междинен вал, който е свързан с ексцентриците.

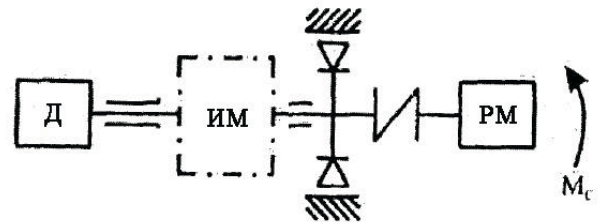
### 3. Конструктивни решения с използването на еднопосочни съединители в ИТВМ.

Втория по важност така наречен възел в ИТВМ е еднопосочния съединител служещ за преобразуването на знакопроменливия въртящ момент в еднопосочен с цел задвижване на работната машина свързана към изходния вал

на ИТВМ. Надеждността на еднопосочните съединители използвани в ИТВМ винаги е била актуална тема, и при търсене на решение на този проблем се е стигнало до използването на няколко конструктивни схеми. Съществуват различни конструктивни схеми като най-често са срещани три решения: с един еднопосочен съединител с два еднопосочни съединителя и схема без еднопосочен съединител.

#### 3.1. ИТВМ с един еднопосочен съединител

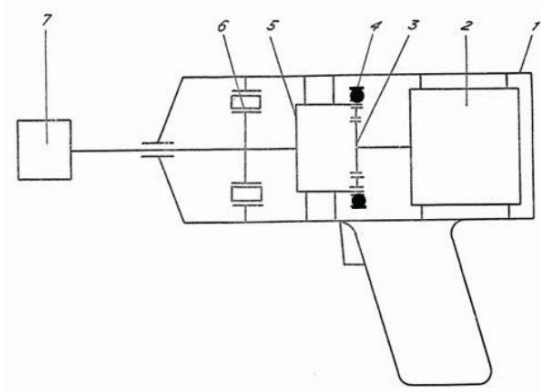
Показаната на фигура 9 схема с един еднопосочен съединител е била предложена от В.И. Пожбелко[9].



Фиг. 9. ИТВМ с един еднопосочен съединител

При тази схема момента от двигателя Д се предава на импулсния механизъм ИМ. Импулсния механизъм може да бъде реализиран по някоя от схемите изложени в точка 2, но използвания от Пожбелко тип импулсен механизъм е този на Хобс. Знакопроменливия момент получен от импулсния механизъм се предава чрез реактора, който преминава през вътрешната гривна на еднопосочния съединител на работната машина РМ. Външната гривна на еднопосочния съединител е свързана към корпуса на ИТВМ. Правия импулс получен от импулсния механизъм се предава на работната машина, а обратния се предава на корпуса на ИТВМ. Пример за прилагането на тази схема е електрически инерционен гайковерт[10] показан на фигура 10. В корпуса 1 са поместени електродвигател 2, ИТВМ състоящ се от импулсен механизъм и един еднопосочен съединител 6. Входния маховик 3 на импулсния механизъм предава получения момент от двигателя на звената с тежести 4. Получения знакопроменлив момент се предава на реактора 5 и чрез него на крайника 7. При момент по-малък от допустимия ИТВМ работи в режим на трансформация на момента, при достигане на максималния момент за завиване на болта преминава в стопов режим при който ротора на електродвигателя се върти с оптимална ъглова скорост.

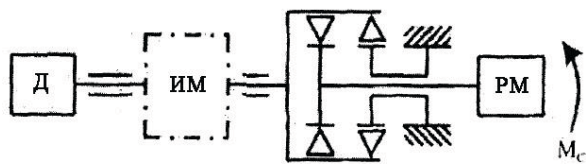




Фиг. 10. Електрически инерционен гайковерт

### 3.2. ИТВМ с два еднопосочни съединителя

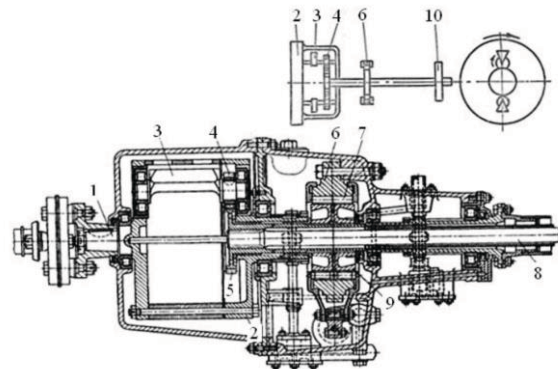
Показаната на фигура 11 конструкция на ИТВМ е класическа схема с използването на два еднопосочни съединителя. Единия еднопосочен съединител е свързан с реактора на импулсния механизъм ИМ и предава правия импулс към работната машина РМ. Втория еднопосочен съединител е свързан с реактора и предава обратния импулс към корпуса на ИТВМ.



Фиг. 11. ИТВМ с два еднопосочни съединителя

Принципа на работа на показаната на фигура 11 ИТВМ може да се опише с 4 последователни етапа. Импулсния механизъм ИМ генерира два знакопроменливи импулса прав и обратен. През първия етап реактора започва да ускорява своето движение под действието на правия импулс получен от инерционните сили действащи върху звената с тежести до достигане на ъгловата скорост на входния маховик. Втория етап започва, когато ъгловите скорости на входния маховик и реактора се изравнят, в този момент еднопосочния съединител свързан към изходния вал се затваря. Започва предаване на въртящ момент към изходния вал. Етапа продължава до момента, в който започва действието на обратния импулс. Третия етап настъпва при действието на обратния импулс тогава еднопосочния съединител свързан към изходния вал се отваря, а този към корпуса се затваря и обратния импулс се предава към корпуса на

ИТВМ. Четвъртия етап е при спрян реактор вследствие на предавания към корпуса обратен импулс. Друга характерна схема е тази, при която корпусния еднопосочен съединител предава импулса към корпуса през еластични елементи.

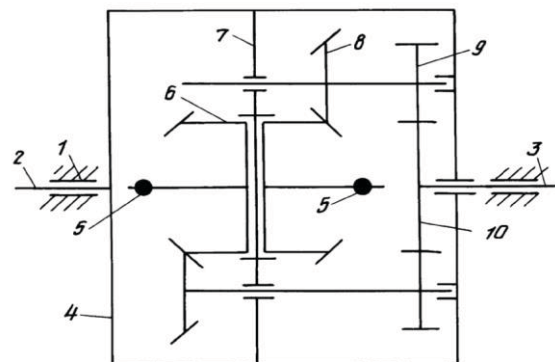


Фиг. 12. Предавка на Хобс

Показаната на фигура 12 предавка на Хобс[2] е приложен пример за ИТВМ с два еднопосочни съединителя. Импулсния механизъм на тази предавка е разгледан в точка 2.1 Входния вал 1 е свързан с входния маховик 2 на импулсния механизъм, в него е закрепена ос 4 с лагери на които са монтирани осем звена с тежести 3, които са кинематично свързани с реактора 5. Посредством реактора се предава момента на изходния вал 8. Корпусния еднопосочен съединител 6 е свързан с корпуса 9, а изходния еднопосочен свързан с реактора и изходния маховик 10.

### 3.2. ИТВМ без еднопосочен механизъм

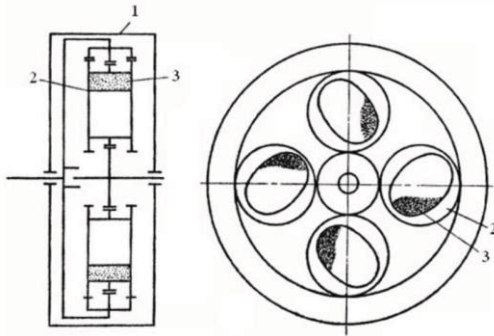
Поради ниската надеждност на еднопосочните съединители са търсени решения за тяхното премахване. На фигура 13 е показана конструкция без еднопосочен съединител[12].



Фиг. 13. ИТВМ без еднопосочен механизъм

Въртящия момент от входния вал 2 се предава чрез маховика 4 на оста 7, както и на конусните зъбни колела 6 те от своя страна предават момента на конусните колела 8, а те на

цилиндричните зъбни колела 9 и 10 и оттам на изходния вал 3. Когато съпротивителния момент на изходния вал превиши този на входния, през зъбните колела 10,9,8 и 6 се задвижват звената с тежести 5 под действието на центробежните сили възникващи при движение на звената с тежести около оста 7 се създават импулси. Тези импулси се предават на изходния вал 3 и са пропорционални на изменението на съпротивителен момент на изхода. На фигура 14 е показана друга конструкция на ИТВМ без еднопосочен съединител.



**Фиг. 14.** ИТВМ с подвижни звена с тежести

Конструкцията на този ИТВМ с плаващи звена с тежести [13] се състои от корпуса 1 в които са поместени сателитни зъбни колела 2 с елипсоидни отвори пълни с метален прах 3, той заема около 30-40% от вътрешността на канала. При задвижване на входния вал звената с тежести се въртят около оста си вследствие, на което металния прах създава импулси. Правия импулс възниква при преминаването на металния прах по широката страна на канала. Понеже канала има и тясна страна действието на инерционните сили е пренебрежимо и липсва обратния импулс. Показаните на фигура 13 и 14 конструкции не са в състояние да предават въртящ момент, т.к. нямат опора на корпуса и не се спазва закона за изменение на кинетичния момент спрямо ос (оста на предавката).

#### 4. Заключение

Поради факта, че разнообразието от инерционни трансформатори на въртящ момент е изключително голямо, не може да се твърди, че са обхванати абсолютно всички. Работата по класификацията ще продължи както за в бъдеще е необходимо да се анализира аналитично всяка една от конструкциите за да се определят нейните положителни и отрицателни страни.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Леонов А. И. (1978). *Инерционные автоматические трансформаторы вращающего момента*, 224с. Машиностроение, Москва.
2. Хельдт П.М. (1947). *Автомобильные сцепления и коробки передач*, 328с. Машгиз, Москва.
3. Мальцев В.Ф. (1978). *Механические импульсные передачи*, 367с. Машиностроение, Москва.
4. Леонов А.И. (1973). *Предпочтительное семейство импульсных механизмов*, 103с. Машиноведение, Челябинск.
5. Корняко А.С. (1976). *Теория механизмов и машин*, 443с. Висша школа, Киев.
6. Зайцев В.Ф., Полянин А.Д. (2001) *Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям*, 576с. ФИЗМАТЛИТ, Москва.
7. Васин Г. Г. (1971). *Инерционный импульсатор. Авторское свидетельство № 304386*. Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки №17, Москва
8. Балжи М.Ф. (1963). *Бесступенчатая инерционная импульсная передача для транспортных машин*. Изобретения №7, Москва
9. Пожбелко В.И. (1975) *Автоматическая планетарная инерционно-импульсная передача*, Изобретения №35 Москва.
10. Леонов А.И., Колесников А.Л., Романченко А.А., (1981) *Инерционный гайковерт*, Изобретения №13, Москва.
11. Набиев И.С., (2003). *Разработка и обоснование рациональных схем инерционных трансформаторов вращающего момента для транспортных средства*, 152с. Дисертация, Ижевск.
12. Пелипенко В.Н., (1994). *Инерционный трансформатор*. Патенты и полезные модели, Москва
13. Осипов Н.Е. (1981). *Инерционная импульсная передача*. Изобретения №33 – Москва.

Контакти

Адрес: ТУ – София, Филиал Пловдив, ФМУ, кат. МУ гр. Пловдив

E-mail: inj.bakardjiev@abv.bg



## ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИЗНОСОУСТОЙЧИВОСТ НА ПОЛИМЕРНИ (PEEK) ЗЪБНИ КОЛЕЛА

ПЕТКО ДОБРЕВ, ДИМИТЪР ПЕТРОВ, ПЕТЪР ШИНДОВ

**Резюме:** *Представят се експериментално получените резултати от сравнително изследване относно износоустойчивостта на полимерни цилиндрични зъбни колела с прави зъби (покрити с вакуумно нанесен TiN и непокрити) изработени от поли-етер-етер-кетон (PEEK) работещи в двойки при различни условия със стоманени. Направени са някои изводи.*

**Ключови думи:** *полимер, PEEK, вакуумно нанесено покритие, износоустойчивост, цилиндрично зъбно колело*

## EXPERIMENTAL RESULTS OF AN INVESTIGATION ABOUT WEAR DURABILITY OF POLYMER (PEEK) GEAR WHEELS

PETKO DOBREV, DIMITAR PETROV, PETAR SHINDOV

**Abstract:** *The experimental results of a comparative investigation about wear durability of polymeric spur gears (coated with vacuum deposited TiN and uncoated) made from poly-ether-ether-ketone (PEEK) running at different conditions in couples with steel spur gears are presented. Some conclusions are made.*

**Key words:** *polymer, PEEK, vacuum deposited coating, wear durability, spur gear wheel*

### 1. Въведение

Използването на полимерни зъбни предавки е широко разпространено в много индустрии и приложения. Сред предимствата на полимерните зъбни предавки можем да изброим намален излъчван звуков шум, самосмазване, силно намаляване на теглото и на разходите за изработка [1]. При използването обаче на полимерни зъбни колела трябва да се имат в предвид такива техни недостатъци като по-голямото топлинно разширение и свиване, по-ниски параметри на якост против счупване на зъбите от умора на огъване и по ниска контактна якост, по-голямо абсорбиране на влага и т.н. В научните публикации се докладва за различни повреди при полимерните зъбни колела (термично свързани, питинг и износване), като [2] най-често повредите са в

резултат от износването. Изследвани са различни параметри влияещи на износването при пластмасовите зъбни колела - на грапавостта на страничните повърхнини на стоманени зъбни колела въртящи се с полимерни [3], на въвеждането на политетрафлуоретилен (PTFE) в качеството на вътрешна смазка [4], на конструктивни мерки [5] с противоречиви резултати. Известен подход за повишаване контактната товароносимост и износоустойчивост при стоманените зъбни колела е подходящото третиране на странична повърхност на зъбите (напр. азотиране, циментация). При полимерните зъбни колела този подход може да се реализира, както се предлага в [5, 6], чрез използване на метален бандаж. Друг изследван начин е чрез нанасяне на покрития от твърди смазки [7] –



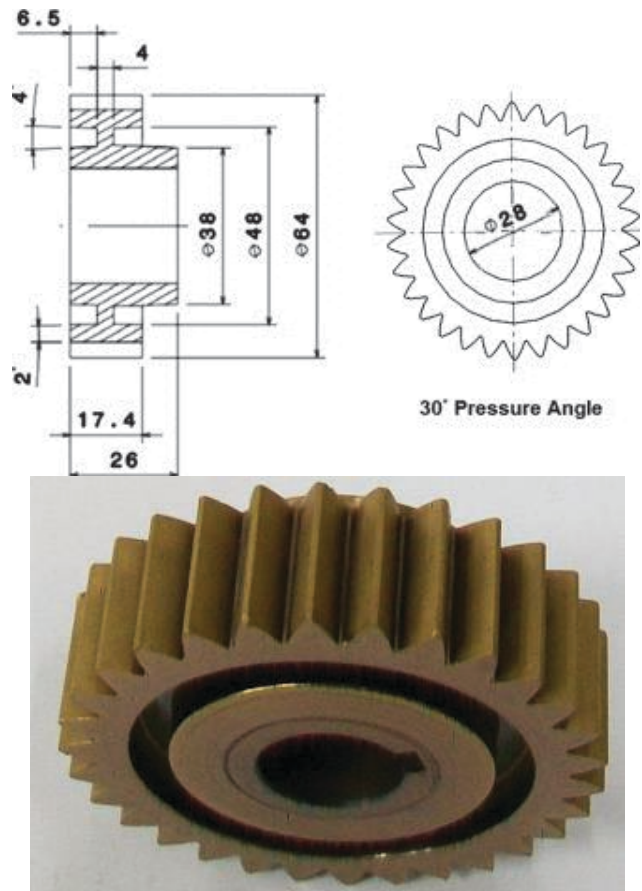
експериментите показват подобрени функционални характеристики за покритията с PTFE особено отчетливо за полимерни колела от полиамид (PA6). Експерименталните резултати публикувани в [8] потвърждават ефективността и от прилагането на покритията чрез вакуумно нанасяне на титан нитрид (TiN) върху страничната работна повърхност на зъбите на полимерни зъбни колела от полиамид (PA6), но при този материал, поради ниските му температури на топене и газенето на въглеродородни молекули във вакуум, има определени технологични проблеми по отношение на нанасянето на тези покрития. Много по-добри характеристики в това отношение спрямо тези на полиамида има полимерния материал – полиетеретеркетон – РЕЕК. Последният [9] съчетава в себе си комбинация от: високи механични показатели (висока якост и отлична износоустойчивост), много висока сервизна температура (250°C при продължително натоварване и 310°C при краткотрайни натоварвания), ниска запалимост и устойчивост на радиация, химична резистентност. РЕЕК е един от малкото полимери с приложение в среда на ултрависок вакуум. Последната спомената характеристика плюс температурната устойчивост на полимерния материал РЕЕК позволява относително леко да бъдат вакуумно нанесени покритията от TiN.

В тази връзка тук се описват експерименталните резултати от сравнителното изследване на износоустойчивост на непокрита и покрити с TiN полимерни цилиндрични зъбни колела влизачи в зацепление под товар и при честота на въртене от 1000 rev/min със стоманени техни аналози от Ст45.

## 2. Обект, средства и методи на експерименталното изследване

Тестовите изследвания бяха направени върху полимерни зъбни колела (любезно предоставени от Университет на Бирмингам, Великобритания) от материала [10] неусилен поли-етер-етер-кетон (РЕЕК 450G) изработени по метода на отливане под налягане със стоманена вътрешна втулка за закрепване чрез шпонка към вал. Механичните характеристики на полимерния материал са [11]: граница на якост (23 °C) на опън 100 МПа, модул (23 °C) на линейни деформации 3,7 GPa, модул (23 °C) на деформации на огъване 4,1 GPa, температура на стапяне 343 °C, температура на встъкляване 143 °C, температура (при 1,8 МПа) на термично пълзене 152°C, плътност – 1,31 g/cm<sup>3</sup>. Основните параметри на изследваните зъбни колела са – брой зъби  $z = 30$ , модул  $m = 2$  mm,

широчина на зъбния венец  $b = 17,4$  mm, профилен ъгъл по делителната окръжност  $\alpha_w = 30^\circ$  (фиг.1).

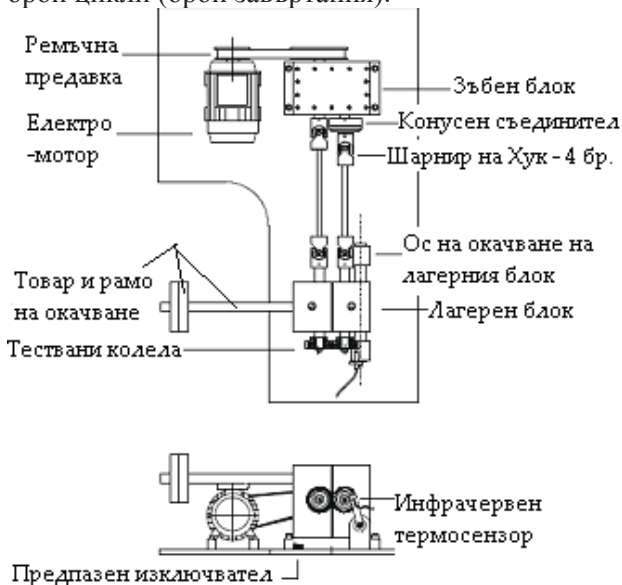


Фиг. 1. Полимерни зъбни колела – конструкция и фотография.

За целите на изследването върху образци от такива зъбни колела бе нанесено покритие от TiN (фиг.1 – фотографията) по следната технологична последователност: 1) Почистване, предварителна обработка на повърхността с повърхностно активен реактив и изсушаване на полимерните зъбни колела; 2) Плазмено-химическа модификация (йонна обработка в тлеещ разряд) на повърхността с реактивен газ кислород; 3) Нанасяне на лаково покритие във фирма „EWERT LAK“ – гр. Стрелча чрез пулверизация с дебелина на слоя 20-40  $\mu$ m. Лаковият композит, нанесен върху полимерната подложка изпълнява две функции: създаване на гладка, бездефектна повърхност и създаване на защитен противодифузионен бариерен слой; 4) Изпичане на нанесения лаков композит при температура от 180°C. Нанесеният лаков композит с дебелина 20-40  $\mu$ m (плътност 1.65 g/cm<sup>3</sup>) е устойчив на температури до 240°C; 5) Вакуумно електродъгово нанасяне на TiN с дебелина 1  $\mu$ m в режим на прекъсване (времетраене 2-3 часа).



Експериментите бяха извършени върху стенд (фиг.2) работещ на принципа на затворения контур (на циркулация на мощността) за изпитване на износоустойчивост на полимерни зъбни колела. Електродвигателят през ремъчна предавка задвижва зъбните колела като преодолява само съпротивлението от триене в механичната система, а изпитваната двойка зъбни колела е натоварена със статичен момент осигурен от теглото на товара окачен на рамо спрямо оста на окачване на лагерния блок. По време на въртенето се измерваше текущата температура в полюса на зацепването с помощта на безконтактен инфрачервен термосензор. Данните от този датчик се събираха от интерфейсно устройство за събиране на данни (data logger) и се записваха чрез специализиран софтуер в файлове в компютър. При измерване на износването се използваше прецизна аналитична везна със стойност на делението 0,1 mg. Износването се определяше чрез измерване на загубата на маса след изтичане на определен интервал от време. Тогава стенда се спираше, тестваните колела се сваляха и се измерваше тяхната маса. След това те отново се поставяха на стенда и въртенето им под натоварване продължаваше така до изтичането на определен брой цикли (брой завъртания).



Фиг. 2. Схема на изпитателния стенд

Тестовите изпитания бяха проведени върху сдружени двойки (общо четири двойки) от полимерно (непокрито/покрито) и стоманено зъбни колела при различен натоварващ въртящ момент  $T$  – при 27,8 Nm и 17,4 Nm без смазване при честота на въртене от 1000 об/мин до достигане на определен брой завъртания. Измерването на масата на едно контролно зъбно колело закрепено неподвижно към лагерния

блок се използваше за корекцията на измененията на масата дължащи се на изпарението или абсорбцията на влага от изпитваните полимерни зъбни колела. Типичната продължителност на един експеримент бе от 1/2 до 2 денонощия със спиране само за замерване на масата.

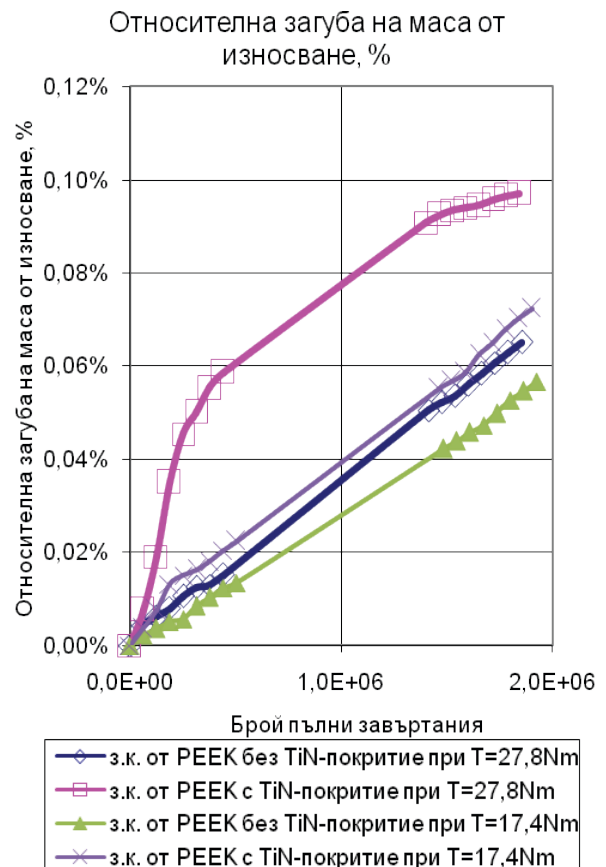
### 3. Резултати и коментари

#### 3.1. Износване

Износването в зависимост от броя цикли и големина на натоварването  $T$ , според експерименталните резултати е показано (фиг.3) чрез процента на относителната загуба на маса  $R\%$  изчислена по формулата:

$$R\%_i = \frac{\left( \frac{Q_i}{Q_0} \cdot P_0 - P_i \right)}{P_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

Където:  $P_0$ ,  $P_i$  – съответно първоначална и текущо измерена маса на зъбното колело;  $Q_0$ ,  $Q_i$  – съответно първоначална и текущо измерена маса на контролното зъбно колело;  $R\%_i$  – относителната загуба на маса в проценти.

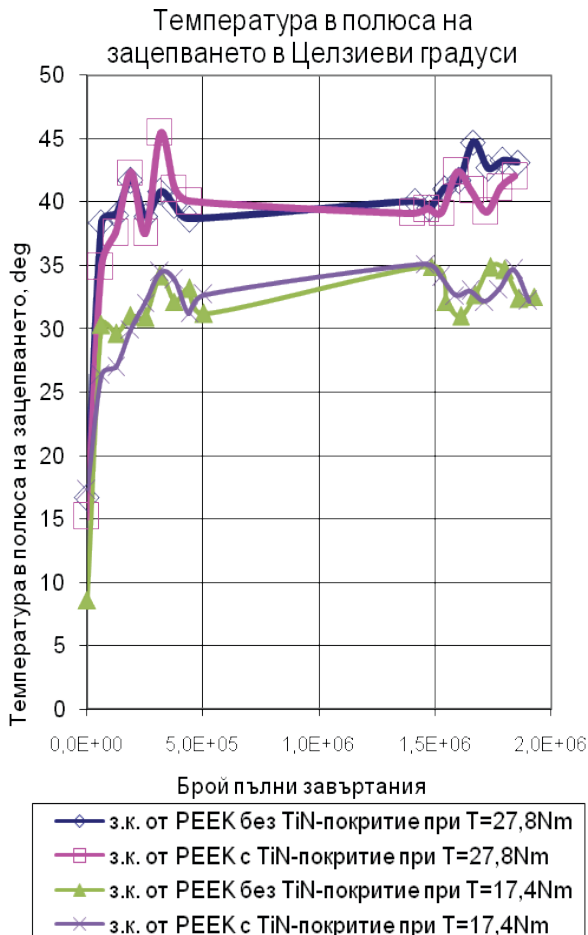


Фиг. 3. Износване – резултати

Горните графики показват очакваното повишаване на износване с нарастване на

натоварването  $T$ , но не потвърждават ползата от нанасяне на покритие от TiN. Специално кривите на износването за двойките с покрити с TiN полимерни зъбни колела в началото имат стръмен участък, докато след това стръмността става еднаква, дори малко по-малка от тази на непокрытите. Наблюдаваните резултати могат да бъдат обяснени с това, че в началото на процеса интензивно се сваля повърхностния слой, който при покритите с TiN полимерни зъбни колела е с по-висока специфична маса ( $5.22\text{g/cm}^3$ ) и освен това сваления и надробен на ситни частици слой от TiN започва да играе ролята на абразивен прах и допринася за бързо износване. След първоначалния период на по-бързо износване и намаляване на масата при полимерните зъбни колела с TiN покритие техните по-изгладени повърхности, макар и не толкова забележимо, по-бавно се износват.

### 3.2. Температура в полюса на зацепване.



Фиг. 4. Температура в полюса на зацепване

Резултатите ясно показват очакваното наличие на права корелация между натоварването  $T$  и измерваната в полюса на зацепване температура. Освен това, макар и не така ясно изразено, се забелязва, че двойките с

покрити с TiN полимерни колела имат по-високи температури в началото на процеса на тестване, след което спрямо двойките с непокрыти полимерни колела температурата нараства по-бавно и в края на тестването дори става по-малка. Обяснението отново може да се даде с това, че сваления в началото и надробен на ситни частици слой от TiN, играейки ролята на абразивен прах, допринася за по интензивно износване и отделяне на топлина. След този първоначален процес, по изгладените повърхности на първоначално покритите полимерни колела, макар и не толкова забележимо, отделят по-малко топлина спрямо тези, които не са били покрити.

### 3.3. Грапавост на повърхнините.

Измерването на грапавостта по страничната работна повърхност на зъбните колела (стоманени и зацепените с тях полимерни с и без покритие) преди и след тестовите изпитания бе извършено с преносим профиломер RCE-RT 1200 както е показано на фиг. 5.

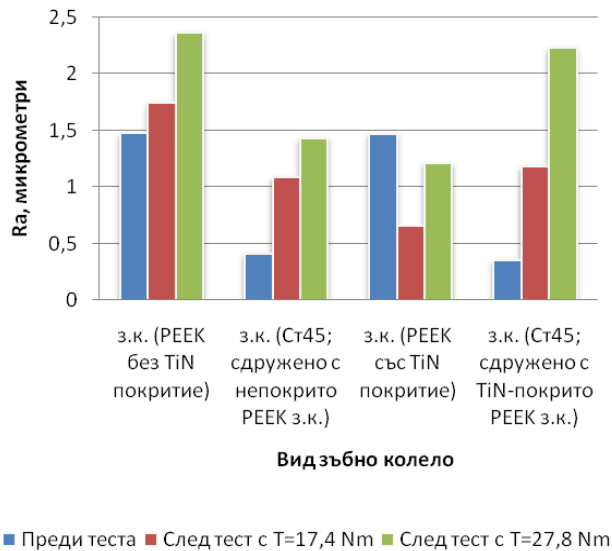


Фиг. 5. Измерване на грапавост.

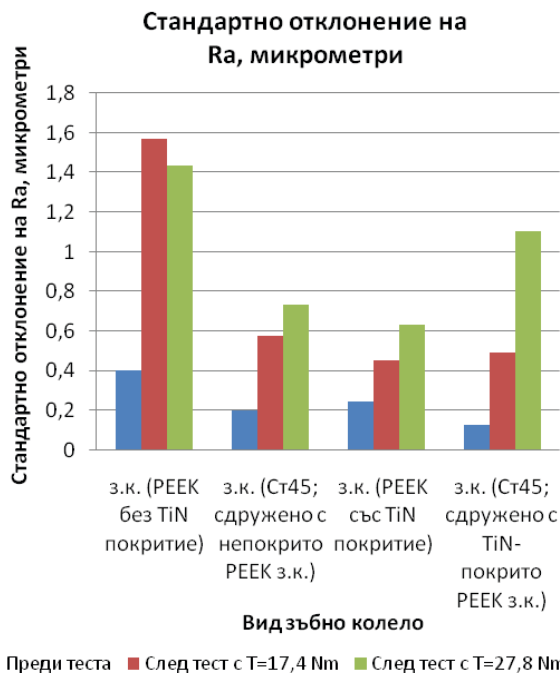
Резултатите от измерванията на грапавостта са обобщени чрез графиките от фиг.6 и фиг.7. На фиг.6 са дадени средноаритметичните стойности на средноаритметичното отклонение на профила Ra от средната линия при мерене надлъжно по

страничната повърхност на  $n$  броя зъби ( $n \approx 15$ ) от всяко зъбно колело (стоманено и полимерно – покрито и непокрито) преди и след тестовите изпитания. На фиг. 7 е дадено разсейването на резултатите от измерването на  $R_a$ .

**Средно аритметична стойност на грапавостта на страничната повърхност на зъбите**



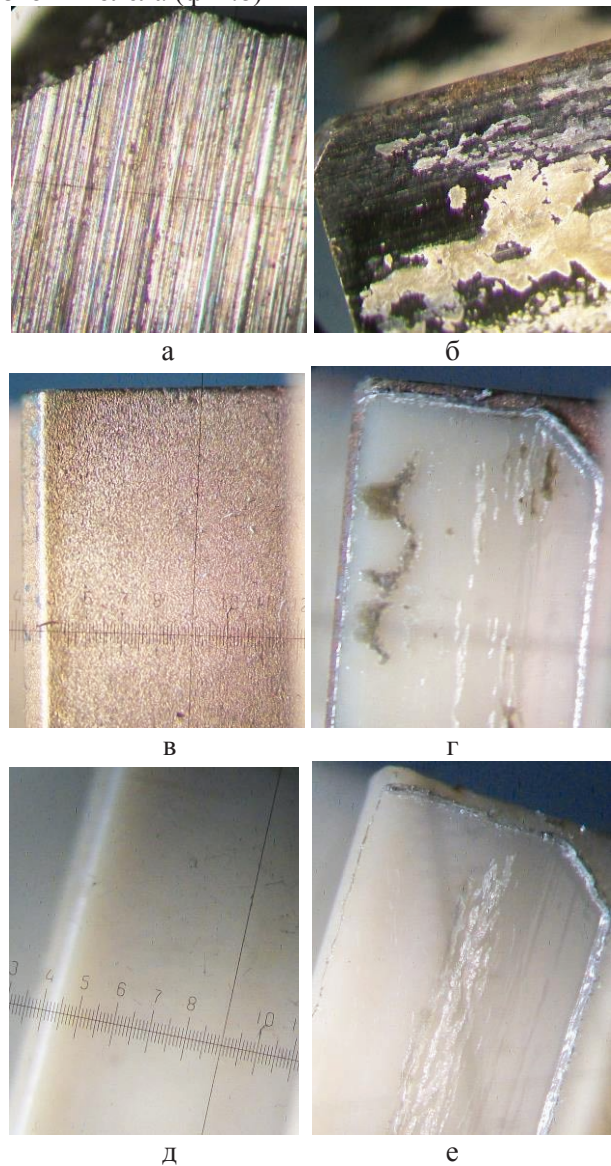
**Фиг. 6. Грапавост, параметър  $R_a$  – средни стойности.**



**Фиг. 7. Стандартно отклонение на измерената стойност на  $R_a$ .**

Резултатите показват, че с нарастване на натоварването от една страна се повишава грапавостта (фиг.6) на страничната работна повърхност на зъбите при всички зъбни колела – стоманени и полимерни (само покритите

полимерни преди теста са имали по-голяма грапавост, но и при тях с нарастване на натоварването след тестовите изпитания нараства и грапавостта), а от друга – се повишава и разсейването на получените резултати (фиг.7). Тези резултати могат да бъдат обяснени [11] с наблюдаваното явление на трансфер на материал преимуществено от полимерното към стоманеното колело и абразивно най-вече износване на полимерните зъбни колела (фиг.8).



**Фиг. 8. Снимки на страничните работни повърхности на зъбите – преди теста (а – стоманено; в – покрито от PEEK; д – непокрито от PEEK) и след теста (б – стоманено; г – покрито от PEEK; е – непокрито от PEEK).**

#### 4. Заключение

Проведените изследвания целят да се потвърдят или отхвърлят експериментално предположенията за положителния или



отрицателен ефект от вакуумно нанасяне на покритие от титан нитрид върху страничната повърхност на зъбите на цилиндрични зъбни колела от полимера полиетеретеркетон (PEEK) с цел повишаване на износоустойчивостта им. Приложеният масов метод за отчитане на износването обаче, поради разликата в специфичната плътност на субстрата (полимера PEEK  $-1,31 \text{ g/cm}^3$ ) и покритието (TiN  $- 5,22 \text{ g/cm}^3$ ), по-скоро не може да даде категоричен отговор. Получените резултатите относно стръмността на характеристиката на относителното износване на маса, на изменението на температурата в полюса на зацепване, измерването на грапавостта по страничната повърхност на зъбите и микроскопските снимки на страничната повърхност на зъбите показват, че при тези натоварвания и скорост на въртене нанесения слой от TiN се сваля сравнително бързо от податливата полимерна основа – в рамките на първите 250 хиляди завъртания. Надробеният на ситни частици слой от TiN на свой ред ускорява износването си и след това и на оголения полимерен материал. След изчерпването на праха от частици от TiN вече износването на полимера става относително по-бавно (спрямо непокрытите полимерни зъбни колела) и с по-малко отделяне на топлина от триене и износване. Този анализ ни дава основание да заключим, че нанасянето на покритие от TiN върху и без това достатъчно износоустойчивия полимер PEEK не носи съществени ползи по отношение подобряване на износоустойчивостта.

Публикуването на това изследване става благодарение на средства по научноизследователски проект в помощ на докторанта Петко Добрев от ТУ-София, филиал Пловдив.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://plastics.dupont.com/plastics/pdflit/americas/markets/gears.pdf>.
2. K. Mao. *The performance of dry running non-metallic gears*. PhD thesis, Birmingham University, 1993.
3. S. Akkurt. On the effect of surface roughness on wear of acetal-metal gear pairs. *Wear* 184, pp 107-109, 1995.
4. M. Rao, C. J. Hooke, S. N. Kukureka, P. Liao and Y. K. Chen. The effect of PTFE on the friction and wear behavior of polymers in rolling-sliding contact. *Polymer Engineering and Science*, Vol. 38, No. 12, pp 1946-1958, 1998
5. Петров Д. “Моделно изследване на оригинална конструкция неметални зъбни колела с тънкостенен метален бандаж на зъбния профил”, Научни трудове на Съюза на Учените в България – Пловдив, серия В – “Техника и технологии”, том IV, ISBN 1311 – 9192, Научна сесия “Техника и технологии, естествени и хуманитарни науки”- 22.10.2004 г., Пловдив 2005 г., стр. 7-12.
6. Petrov Dimitar, Dinev Georgi “Model investigations on different original designs of nonmetal tooth gears with sheet iron bandage, Proceeding of the DEMI’2005 – 7<sup>th</sup> International Conference On Accomplishments In Electro And Mechanical Industries, Banja Luka University, Faculty of Mechanical Engineering, Banja Luka, 27 - 28 .05. 2005, pp.83 -88.
7. Dimitar Petrov, Karl Dearn, Doug Walton, Richard Bancs, Some experimental results concerning the influence of surface coatings from solid lubricants on the wear of polymeric gears, *Journal of the Technical University Sofia, branch Plovdiv, Fundamental Sciences and Applications*”, Vol. 16, 2011, International Conference Engineering, Technologies and Systems - TechSys 2011, Plovdiv, Bulgaria
8. Dimitar G. Petrov, Petar Hr. Shindov, Dimitar N. Dimitrov, Petar L. Dimitrov , An investigation on the loading durability of polymeric gear wheels with vacuum deposited coatings, II International Conference - IIZS 2012, University of Novi Sad, Technical faculty “Mihajlo Pupin”, Zrenjanin, Republic of Serbia, 2012.
9. <http://www.tregaltd.com/img/svoistvaCOLOR.pdf>
10. <http://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid=ffc10b084c4e4dd6975438d9968e1292&ckck=1>
11. K.D. Dearn, T.J. Hoskins, D.G. Petrov, S.C. Reynolds, R. Banks, Applications of dry film lubricants for polymer gears, *Wear*, Volumes 298–299, 15 February 2013, Pages 99–108.

Контакти:

Адрес: Пловдив 4000, ул. "Цанко Дюстабанов" №25

E-mail: eng.dobrev@mail.bg

E-mail: dimgog@abv.bg

E-mail: p\_shindov@mail.bg





## АЛГОРИТЪМ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ СИМЕТРИЯТА НА ГРАФИЧНИ ФОРМИ

АНГЕЛ ЧЕКИЧЕВ

**Резюме:** Предложеният алгоритъм дава възможност за определяне на основните параметри и наличност на осева симетрия. Алгоритъмът е описан аналитично, а действието му е показано за фиксиран графичен примитив върху окръжност.

**Ключови думи:** графичен примитив, симетрия, геометрична форма

## ALGORITHM FOR DETERMINATION THE SYMMETRY OF GRAPHICAL FORMS

ANGEL CHEKICHEV

**Abstract:** The supposed algorithm gives opportunities for determination of the basic parameters and availability of axial symmetry. The analytical description of the algorithm and the application on fixed graphic primitive on the circle are presented.

**Key words:** graphic primitive, symmetry, geometrical form

### 1. Основни положения в компютърната графика

Компютърната графика представлява съвкупност от средства и методи за генериране, възпроизвеждане, манипулиране и обработване на различни графични обекти. Графичните обекти могат да бъдат геометрични образи на предмети или фотографски, телевизионни и рентгенови изображения.

Компютърната графика се разделя на четири основни категории: моделиране в компютърната графика (реализация на програмна библиотека и база данни), използване на приложни графични програми, обработка на изображения и разпознаване на образи.

Приложната графика намира най-масово приложение при автоматизиране на човешката дейност, като обработва изкуствено създадени

графични изображения, най-често във вид на геометрични образи на обекти. Основните функции се състоят в: създаване на абстрактен модел на обекта, който се въвежда в компютъра; генериране на графично изображение на обекта (визуализиране на абстрактния модел върху екрана на графичен дисплей); трансформации и интерактивна дисплейна обработка на геометричния образ според целите на дадената автоматизация; извеждане на резултати от обработката във вид на чертежи или като управляваща информация за технологична подготовка на производството.

Структурирането на информацията зависи от много фактори, но преди всичко от йерархията на елементите на картината, чрез която се определят автономността на елементите, възможността за отделно изобразяване и изтриване на картинните

елементи, нивата на включване на елемент в елемент, отразяването на прекъсването при интерактивните операции и др.

Йерархията на основните компоненти, изграждащи структурата на екранната картина, е следната:

- 1) Точка - задава се в дисплейния файл като набор от X, Y координати на дисплейния екран.
- 2) Графичен примитив - представлява всеки елемент от картината, за изобразяването на който съществува апаратура: точки, вектори, дъги, буквено-цифрови символи, специални символи. Векторите се задават в дисплейния файл с две точки, наречени начална и крайна. Дъгите се задават с три точки. Символите се задават с код.
- 3) Фрагментът представлява подреден набор от графични примитиви от един и същи тип. Фрагментът се идентифицира с име. Координатните трансформации се извършват за целия фрагмент. Дисплейният файл може да се разглежда като списък от програмни модули, представляващи графичните фрагменти.
- 4) Сегментът представлява набор от отделни фрагменти. Това понятие се въвежда поради необходимостта да се обработват съвместно няколко фрагмента. Например ако две геометрични фигури, зададени като фрагменти, имат общи и пресечни точки или слети страни, при общата им обработка те се обединяват в сегмент.

При анализа на образи се обработват фотографски изображения, като се извършва цифрово дискретизиране на изображението в точки и се отчита стойността на техния интензитет.

Обработката на изображения представлява съчетана обработка на фотографски изображения и изкуствено генериран геометричен образ, създаден на базата на абстрактен модел на даден обект.

Абстрактният (геометричен) модел представлява изображение на геометрията на обекта във форми и размери.

От гледна точка на потребителя трансформациите могат да се разделят на две групи:

а) прости трансформации (транслация и ротация), при които не се изменят линейните размери на графичното изображение на обекта;

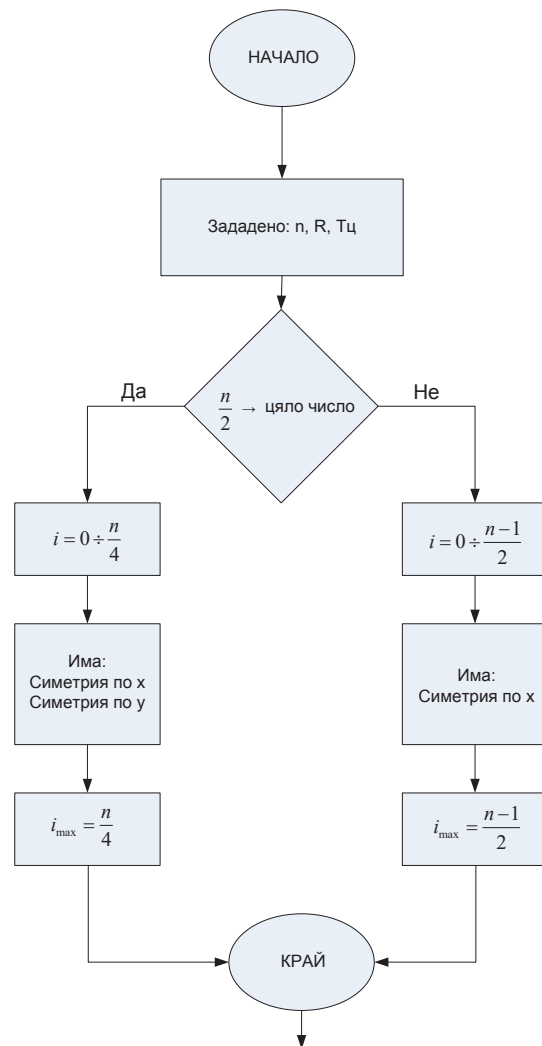
б) линейни трансформации (мащабиране, свиване и разширение в определена посока, центриране на изображението в определена област и др.), при които се променят размерите и формата на графичното изображение на обекта.

Целта на настоящата работа е съставяне на прост алгоритъм за определяне на симетрия на геометрични форми в компютърни изображения.

## 2. Алгоритъм за определяне на симетрия

Нека да е зададено:

- n - константа със стойност от 1 до N;
- R - радиус на окръжността;
- Tц - централна точка на окръжността и зададен графичен примитив /ромб/.



Фиг. 1. Алгоритъм за определяне на симетрия

Определят се:

- $i_{\max}$  - максимална точка, при която се получава симетрия и вида на симетрия;
- $\alpha$  - ъгъл на завъртане на графичния примитив - в случая ромб;
- $i$  - константа със стойности от 0 до N;
- $h$  - височина на разположение на дадения графичен примитив по окръжността;
- определяне на  $x_i, y_i$  (централни точки).

Основните зависимости за определяне на централните точки  $x_i$  и  $y_i$  са:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{n} \quad (1)$$

$$\sin i\alpha = \frac{h}{R} \quad (2)$$

$$h = y_i \quad (3)$$

$$x_i = \pm\sqrt{R^2 - h^2} \quad (4)$$

За определянето на окръжност с разположени върху него 12 ромба ще се получи:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{n} = \frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$$

Следователно, на всеки  $30^\circ$  ще има графичен примитив - ромб.

При  $i = 0, 1, 2$  и  $3$  ще се определи къде се намира максималната точка на симетрия.

- при  $i = 0$  се получава:

$$\sin 0\alpha = \frac{h}{R} \Rightarrow h = 0$$

$$y_0 = 0$$

$$x_0 = \pm\sqrt{R^2} = \pm R$$

- при  $i = 1$  се получава:

$$\sin 1\alpha = \frac{h}{R} \Rightarrow h = \frac{R}{2}$$

$$y_1 = \frac{R}{2}$$

$$x_1 = \pm\sqrt{R^2 - h^2} = \pm\sqrt{R^2 - \frac{R^2}{4}} = \pm\frac{R}{2}\sqrt{3}$$

- при  $i = 2$  се получава:

$$\sin 2\alpha = \frac{h}{R} \Rightarrow h = R\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$y_2 = R\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$x_2 = \pm\sqrt{R^2 - \frac{3}{4}R^2} = \pm\frac{R}{2}$$

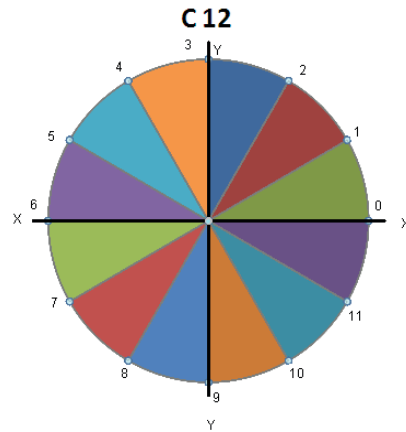
- при  $i = 3$  се получава:

$$\sin 3\alpha = \frac{h}{R} \Rightarrow h = R$$

$$y_3 = R$$

$$x_3 = 0.$$

Следователно,  $i_{\max}$  се получава при  $i = 3$ . Това означава, че има симетрия и по двете оси на координатната система (фиг. 2).



Фиг. 2. Симетрия на 12 ромба върху окръжност

Да предположим, че трябва да определим местоположението на 8 ромба върху една окръжност, то ще получим:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{n} = \frac{360^\circ}{13} = 45^\circ$$

- при  $i = 0$  се получава:

$$\sin 0\alpha = \frac{h}{R} \Rightarrow h = 0$$

$$y_0 = 0$$

$$x_0 = \pm\sqrt{R^2} = \pm R$$

- при  $i = 1$  се получава:

$$\sin 1\alpha = \frac{h}{R} \Rightarrow h = 0.707R$$

$$y_1 = 0.707R$$

$$x_1 = \pm\sqrt{R^2 - h^2} = \pm\sqrt{R^2 - (0.707R)^2} = \pm 0.293R$$

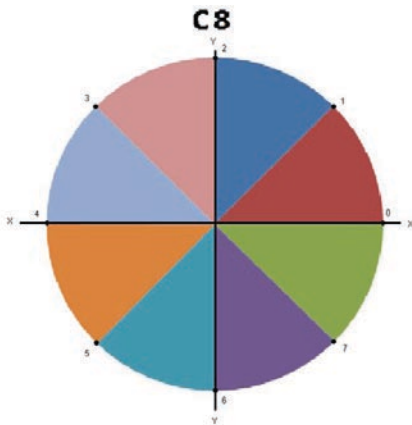
- при  $i = 2$  се получава:

$$\sin 2\alpha = \frac{h}{R} \Rightarrow h = R$$

$$y_2 = R$$

$$x_2 = \pm\sqrt{R^2 - R^2} = 0.$$

Следователно,  $i_{\max}$  се получава при  $i = 2$ . Това означава, че имаме отново симетрия и по двете оси на координатната система (фиг. 3).



**Фиг. 3.** Симетрия на 8 ромба върху окръжност

Но, нека да видим какво би се получило, ако имаме нечетен брой на ромбовете върху окръжност, т.е. да предположим, че имаме 11 ромба, то се получава:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{n} = \frac{360^\circ}{11} \approx 32^\circ, 7273'$$

- при  $i = 0$  се получава:

$$\sin 0\alpha = \frac{h}{R} \Rightarrow h = 0$$

$$y_0 = 0$$

$$x_0 = \pm\sqrt{R^2} = \pm R$$

- при  $i = 1$  се получава:

$$\sin 1\alpha = \frac{h}{R} \Rightarrow h = 0.5406R$$

$$y_1 = 0.5406R$$

$$x_1 = \pm\sqrt{R^2 - h^2} = \pm\sqrt{R^2 - (0.5406R)^2} = \pm 0.4594R$$

- при  $i = 2$  се получава:

$$\sin 2\alpha = \frac{h}{R} \Rightarrow h \approx 0.9096R$$

$$y_2 = 0.9096R$$

$$x_2 = \pm\sqrt{R^2 - (0.9096R)^2} = \pm 0.0904R$$

- при  $i = 3$  се получава:

$$\sin 3\alpha = \frac{h}{R} \Rightarrow h \approx 0.9898R$$

$$y_3 = 0.9898R$$

$$x_3 = \pm 0.0102R$$

Следователно, максималната точка е при  $i = 3$ . Това означава, че има симетрия само по  $x$ .

### 3. Заключение

Съобразно създадения алгоритъм за определяне на симетрия на даден графичен примитив върху окръжност, следва че:

- при четен брой на графичния примитив, се получава симетрия и по двете оси на координатната система;
- при нечетен брой на графичния примитив, се получава симетрия само по едната ос на координатната система или по оста  $x$ .

### ЛИТЕРАТУРА

1. Георгиев, И., Вълчев, Т. (1981). Основи и приложение на машинната графика. Техника, София.
2. Сапарев, Сл. (2003). Юбилеен сборник. Научни доклади. Направления: „Моделиране в компютърната графика“ и „Числени методи и оптимизация“. Технически колеж, Смолян.
3. Харингтън, С. (1989). Компютърна графика Програмен подход. Техника, София.
4. Георгиев, Ил. К. (1993). Геометрично моделиране, София.

Контакти

Адрес: гр. Смолян, ул. „Беклийца“ № 4  
E-mail: a216@abv.bg





## ПРОЕКТ ЗА НОВ ЕЛЕРОН ЗА БЕЗПИЛОТЕН ЛЕТАТЕЛЕН АПАРАТ ЯСТРЕБ-2М

КОНСТАНТИН МЕТОДИЕВ

**Резюме:** В настоящото изследване е проведен разчет на ефективността на алтернативен елерон за безпилотен летателен апарат Ястреб-2М, произвеждан от Авиотехника ООД, гр. Пловдив. Разгледана е съществуващата конфигурация и е предложена нова, с оптимални геометрични параметри и стойности на шарнирния момент. За нуждите на разчета са използвани резултати от числено моделиране на обтичането на изолирано полукрило в средата на програмен продукт FLUENT. Приведени са резултатите, получени в програмна среда MathCAD.

**Ключови думи:** елерон, шарнирен момент, FLUENT

## A NEW AILERON DESIGNED FOR HAWK-2M UNMANNED AERIAL VEHICLE

KONSTANTIN METHODIEV

**Abstract:** In the paper hereby, an alternative aileron effectiveness to Hawk-2M unmanned aerial vehicle has been investigated. The airplane is produced by Aviotecnica Ltd., city of Plovdiv. The current configuration has been examined and new one has been submitted which is characterized by optimal geometrical parameters and values of the hinge moment. In order to carry out the study, results derived by numerical flow simulation around a separated wing within FLUENT environment has been utilized. The definitive results derived by MathCAD are written down further in the text.

**Key words:** aileron, hinge moment, FLUENT

### 1. Въведение

През 2014 г. в Институт за космически изследвания и технологии към БАН постъпва за модернизация на системата за управление безпилотен летателен апарат (БЛА) Ястреб-2М. Самолетът се произвежда серийно от фирма Авиотехника ООД, гр. Пловдив. Модернизацията включва подмяна на автопилота, сензорите за събиране на полетна информация и кормилните машинки. В процеса на определяне на летателните и маневрени характеристики на планера бяха изследвани органите за управление, а именно тяхната геометрия, разположение на крилото, шарнирен момент и ефективност. Особено внимание бе обърнато на малката стойност на статичния момент на елероните. За подобряване на

летателните и маневрени качества на апарата бе проведен разчет на алтернативен елерон, който по скромно мнение на автора на статията обезпечава по-добра маневреност по напречния канал на управлението на планера от съществуващия. Резултатите от това изследване са изложени в настоящия доклад. Те имат само препоръчителен характер.

### 2. Методология

#### 2.1. Определяне на размерите на елерона.

За определяне на основните размери на елерона в план е използван метода на Пищнов, публикуван в [1]. Площта на елерона  $S_e$  варира в интервала:

$$S_e \in [0.075; 0.1] S_{кр} \quad (1)$$

където  $S_{кр}$  е площта на полукрилото. Методът на Пищнов е основан на подбора на статичния момент на елерона и неговия коефициент. Стойността на коефициента на елерона се изразява с отношението:

$$C_e = Q_e / Q_{кр} \quad (2)$$

Тук  $Q_e$  е статичният момент на елерона, равен на произведението от площта на елерона  $S_e$  и разстоянието от центъра на тежестта на елерона до равнината на симетрия на планера  $l_e$ . Във формула (2)  $Q_{кр}$  е статичният момент на полукрилото.

Пищнов предписва интервал на изменение за коефициента  $C_e \in [0.2; 0.25]$ . След като са известни отношението  $C_e$  и статичния момент на крилото  $Q_{кр}$ , то може да се определи статичния момент на елерона  $Q_e$  и оттук, задавайки стойност на рамото  $l_e$ , удовлетворяваща общата компоновка на планера, да се получи стойността на площта на елерона  $S_e$ . В повечето случаи елеронът се разполага възможно най-далече от тялото на планера, което увеличава  $l_e$  и намалява  $S_e$  при зададена постоянна стойност на  $Q_e$ .

Най-изгодната стойност на хордата на елерона е 25÷30% от хордата на крилото, [1].

## 2.2. Определяне на шарнирния момент.

Формулите за определяне големината на шарнирния момент се извеждат съгласно обозначенията на Фиг. 1, [2]. Сила  $N_e$  е нормална съставляваща на аеродинамичната сила, действаща на елерона,  $h$  е разстояние от центъра на налягане на елерона до оста на въртене. Шарнирният момент е положителен ако отклонява елерона надолу. Тогава

$$M_{ш} = -N_e h \quad (3)$$

Подемната сила, действаща на елерона, е перпендикулярна на скоростта на полета, т.е.

$$Y_e \approx N_e \cos(\alpha + \delta_{ел}) \quad (4)$$

При малки стойности на ъглите  $\alpha$  и  $\delta_{ел}$ ,  $Y_e \approx N_e$ , откъдето следва, че

$$M_{ш} = -Y_e h \quad (5)$$

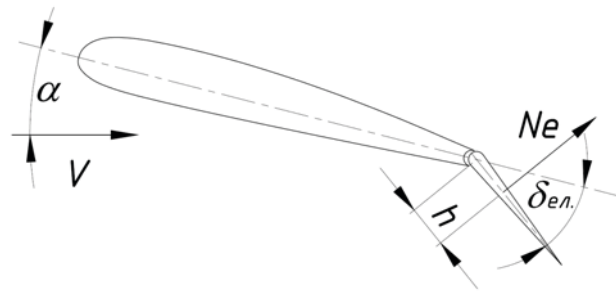
Прието е шарнирният момент да се изразява чрез безразмерен коефициент на шарнирния момент  $m_{ш}$ :

$$M_{ш} = m_{ш} q S_e b_e \quad (6)$$

където  $S_e$  и  $b_e$  са респ. площта и средната аеродинамична хорда на елерона. След приравняване на формули (5) и (6) се получава окончателно:

$$m_{ш} = -\frac{Y_e}{q S_e} \frac{h}{b_e} = -C_{y,e} \frac{h}{b_e} \quad (7)$$

Коефициентът на шарнирния момент зависи от вида и формата на елерона, положението на оста на въртене, числото  $M$  на полета, ъгъла на атака на летателния апарат  $\alpha$  и ъгъла на отклонение на елерона  $\delta_{ел}$ .



Фиг. 1. Схема на възникване на  $m_{шарн}$

При неголеми ъгли на атака и отклонения на елероните, зависимостта на коефициента  $m_{ш}$  от ъглите  $\alpha$  и  $\delta$  е близка до линейната и може да се изрази във вида:

$$m_{ш} = m_{ш0} + m_{ш}^{\alpha} \alpha + m_{ш}^{\delta} \delta \quad (8)$$

Отделните съставни се пресмятат съгласно формулите, [2], [3]:

$$m_{ш0} = -0.12 \frac{b_e}{b_{кр}} \left( 1 - 3.6 \frac{S_{о.к.}}{S_e} \right) C_y^{\alpha} k_{\delta 0} \varphi_{кр} \quad (9)$$

$$m_{ш}^{\alpha} = -0.12 \frac{b_e}{b_{кр}} \left( 1 - 3.6 \frac{S_{о.к.}}{S_e} \right) C_y^{\alpha} k_{\alpha\alpha} \quad (10)$$

$$m_{ш}^{\delta} = -0.112 \left[ 1 - 6.5 \left( \frac{S_{о.к.}}{S_e} \right)^{3/2} \right] C_y^{\alpha} k_{\delta 0} \cos \chi_e \quad (11)$$

От последните три равенства се вижда, че съставните на коефициента на шарнирния момент  $m_{ш}$  зависят от производната на коефициента на подемна сила от ъгъла на атака за изолирано крило  $\partial C_y / \partial \alpha$ . Коефициентите  $k_{\delta 0}$  и  $k_{\alpha\alpha}$  зависят от диаметъра на фюзелажа  $D$ , размаха на крилото  $l$  и отношението между крайната и корневата хорди на крилото  $\eta_k$ . Те се определят по следните формули, [2]:

$$K_{\alpha\alpha} = \left[ 1 + \frac{D}{l} \left( 1.2 - \frac{0.2}{\eta_k} \right) \right]^2 \quad (12)$$

$$k_{\alpha\alpha} = \frac{\left[ 2 + \frac{D}{l} \left( 1.2 - \frac{0.2}{\eta_k} \right) \right]^2}{5} + 1 \quad (13)$$

$$k_{\delta 0} = \frac{k_{\alpha\alpha}^2}{K_{\alpha\alpha}} \quad (14)$$

Във формули (9 – 11) ъгъл  $\varphi_{кр} = 0 \text{ deg}$  е установъчният ъгъл на крилото, а ъгъл  $\chi_e = 0 \text{ deg}$  е ъгълът на стреловидност на елерона. Площта  $S_{o.k.}$  е площта на осевата компенсация на елерона, а  $S_e$  е площта на самия елерон. Величините  $b_e$  и  $b_{кр}$  са респ. хордите на елерона и крилото в текущото сечение. Задължително условие формули (9), (10) и (11) да са валидни е центърът на налягане на елерона да съвпада с центъра на тежестта на неговата площ.

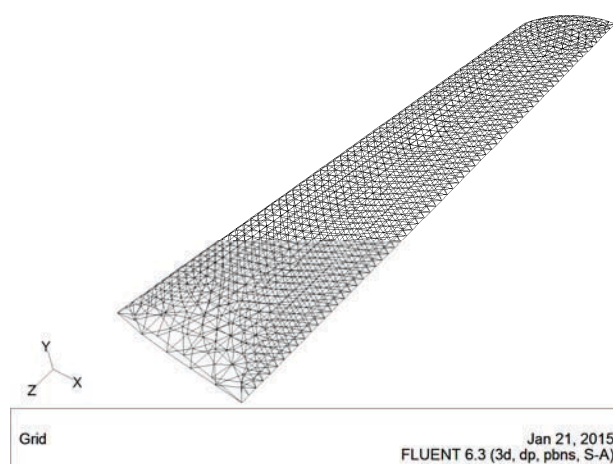
От всички изброени величини неизвестна е само производната  $\partial C_y / \partial \alpha$ . Тя може да се определи по експериментален път или с числено моделиране на течението около изолирано крило.

### 2.3. Определяне на производната $\partial C_y / \partial \alpha$ .

Определянето на производната на коефициента на подемна сила от ъгъла на атака за изолирано крило се извършва чрез построяване на разгърнатата поляра  $C_y = f(\alpha)$  посредством числена симулация на течението около крилото за няколко последователни стойности на ъгъла на атака. Използваният софтуер включва Autodesk Inventor v. 2015 за построяване на обтекаемата геометрия, Gambit v. 2.4.6 за построяване на изчислителната мрежа и Fluent v. 6.3.26 за моделиране на течението около крилото.

В среда Autodesk Inventor крилото се построява чрез командата Loft между корневия и крайния крилни профили. За направляваща се използва изходящият ръб. Известна трудност представлява построяването на законцовката на крилото. Тук отново се използва команда Loft, но между крайното сечение и точка, построена на края на крилото. За направляващи се използват двете образуващи криви (по атакуващия и изходящ ръб на законцовката), предварително построени в две отделни скици. Допълнително се построява цилиндрична изчислителна област чрез команда Extrude на окръжност, но като отделен Solid. Двете тела се изваждат едно от друго чрез командата Combine.

На Фиг. 2 е показана изчислителната мрежа по повърхността на крилото, генерирана в среда Gambit. За постигане на по-добър контрол върху размерността на мрежата се построяват предварително мрежи по всички повърхнини, съставлящи обема на изчислителната област. По външната граница на областта мрежата е по-разредена. Едва на този етап се пристъпва към генериране на обемната мрежа между съставните повърхнини. Повърхностните мрежи използват само триъгълни елементи (Tri), а обемната мрежа – хибридни елементи (Tet/Hybrid).

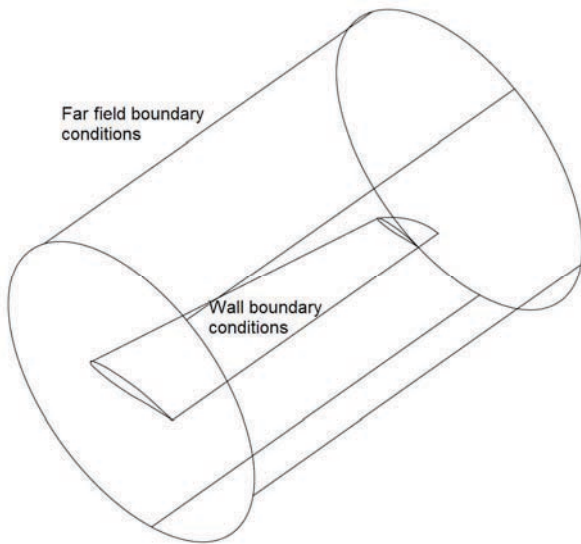


Фиг. 2. Фрагмент от изчислителна мрежа.

В среда Gambit се задава топологията на граничните условия на задачата, Фиг. 3. В случая са използвани два типа: Wall Boundary Conditions по повърхнините, съставлящи крилото и Far Field Boundary Conditions по външната граница на изчислителната област. Обемът, затворен между вътрешните и външни повърхнини е означен като Fluid. Окончателно получената мрежа се експортира в работната директория, като за развойна среда е посочен Fluent 5/6 в основно меню Solver.

В работната среда на Fluent, меню Report/Reference values, се въвеждат следните референтни параметри: носеща площ  $0.5625 \text{ m}^2$ , дължина (CAX)  $0.3(8) \text{ m}$ . Останалите параметри се инициализират от граничните условия Pressure Far Field. В меню Define / Boundary Conditions / Pressure Far Field / Set се задават компонентите на скоростния вектор на несмутеното течение по трите оси. По този начин се задава ъгъла на атака за всяко отделно пресмятане. Избраният турбулентен модел в меню Define / Models / Viscous е Spalart – Allmaras (1 eqn), [4].

Задачата би могла да се стартира и от този етап на инициализацията, но за постигане на по-добра сходимост се препоръчва следното.



Фиг. 3. Топология на граничните условия.

От конзолата на Fluent се стартира Full Multigrid Initialization в последователността, показана на Фиг. 4. По този начин се ускорява удовлетворяването на условията за сходимост на численото решение, което от своя страна, води до по-малък брой итерации.

```
> solve/initialize/set-fmg-initialization

Customize your FMG initialization:
set the number of multigrid levels [5]

set FMG parameters on levels ..

residual reduction on level 1 is: [0.001]
number of cycles on level 1 is: [10] 100

residual reduction on level 2 is: [0.001]
number of cycles on level 2 is: [50] 100

residual reduction on level 3 is: [0.001]
number of cycles on level 3 is: [100]

residual reduction on level 4 is: [0.001]
number of cycles on level 4 is: [500]

residual reduction on level 5 [coarsest grid] is: [0.001]
number of cycles on level 5 is: [500]

Number of FMG (and FAS geometric multigrid) levels: 5
* FMG customization summary:
* residual reduction on level 0 [finest grid] is: 0.001
* number of cycles on level 0 is: 1
* residual reduction on level 1 is: 0.001
* number of cycles on level 1 is: 100
* residual reduction on level 2 is: 0.001
* number of cycles on level 2 is: 100
* residual reduction on level 3 is: 0.001
* number of cycles on level 3 is: 100
* residual reduction on level 4 is: 0.001
* number of cycles on level 4 is: 500
* residual reduction on level 5 [coarsest grid] is: 0.001
* number of cycles on level 5 is: 500
* FMG customization complete

set FMG courant-number [0.75]
enable FMG verbose? [no] yes

> solve/initialize/fmg-initialization
Enable FMG initialization? [no] yes
```

Фиг. 4. Инициализация „Full multigrid“.

Стойностите на аеродинамичните коефициенти  $C_x$ ,  $C_y$  и  $m_z$  се извеждат от меню Report / Forces след приключване на итерациите. За референтни стойности отново се задават компонентите на скоростния вектор. Полярите се строят в Third Party Software, например Excel.

## 2.4. Изследване на релацията $m_x = f(\delta_{ел})$

За определяне на зависимостта между коефициента на напречен момент на планера и ъгъла на отклонение на елероните за съществуващата и новата конфигурации е използвана методиката, изложена в [3]. Коефициентът на напречен момент се определя по формулата

$$m_{x,ел} = -k_{ел} \frac{dC_y}{d\alpha} \frac{S_{ел}}{S} \frac{l_{ел}}{2l} n_{ел} \delta_{ел} \quad (15)$$

където поправъчният коефициент  $k_{ел}$  отчита влиянието на индуцираните вихри от краищата на крилото и се пресмята посредством израза

$$k_{ел} = 0.6 + 0.066(\eta - 1) \quad (16)$$

Коефициентът на ефективност  $n_{ел}$  се изчислява чрез формулата

$$n_{ел} = \frac{b_{ел}}{b_{кр}} \quad (17)$$

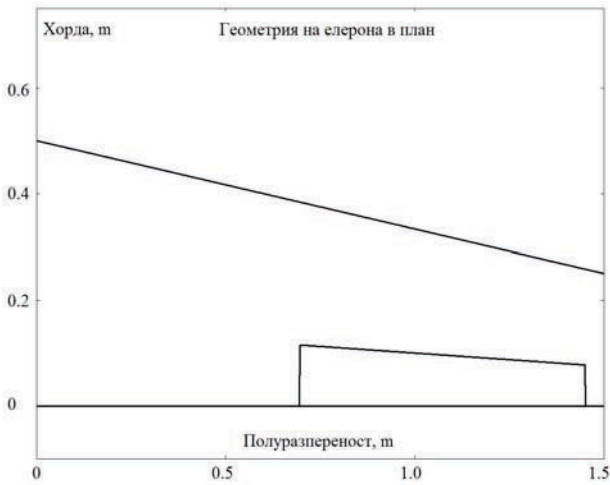
Във формули (15) и (17) е направено допускането, че ъгълът на стреловидност на предния ръб на елероните е нула.

## 3. Резултати и дискусия

Резултатите от предварителното оразмеряване на елерона по препоръките на Пищнов и формули (1) и (2) са получени в среда MathCAD и са показани на Фиг. 5. По конструктивни съображения е предвидено място за втора кормилна машинка от крайната страна на полукрилото. Хордата на елерона е 30% от хордата на крилото. Дължината на елерона се получи 755 mm, като площта на аеродинамичната компенсация е приета 10% от площта на елерона. Коефициентите  $k_{\delta 0} = 0.976$  и  $k_{\alpha\alpha} = 1.057$  са определени въз основа изложеното в [2] за стойности на диаметъра на фюзелажа  $D = 0.28648$  m, разпереност  $l = 3.286$  m и отношение между крайната и корневата хорди на крилото  $\eta_k = 0.5$ .

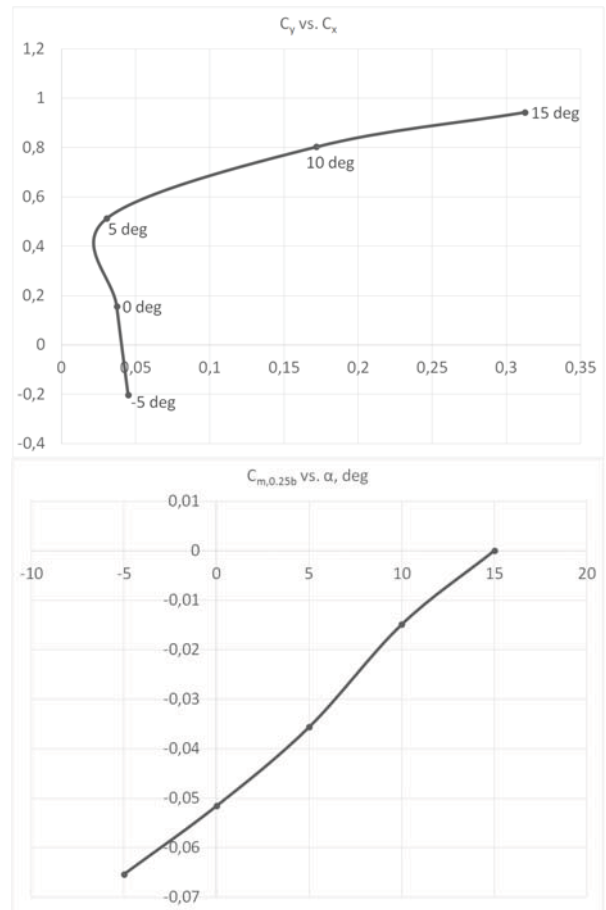
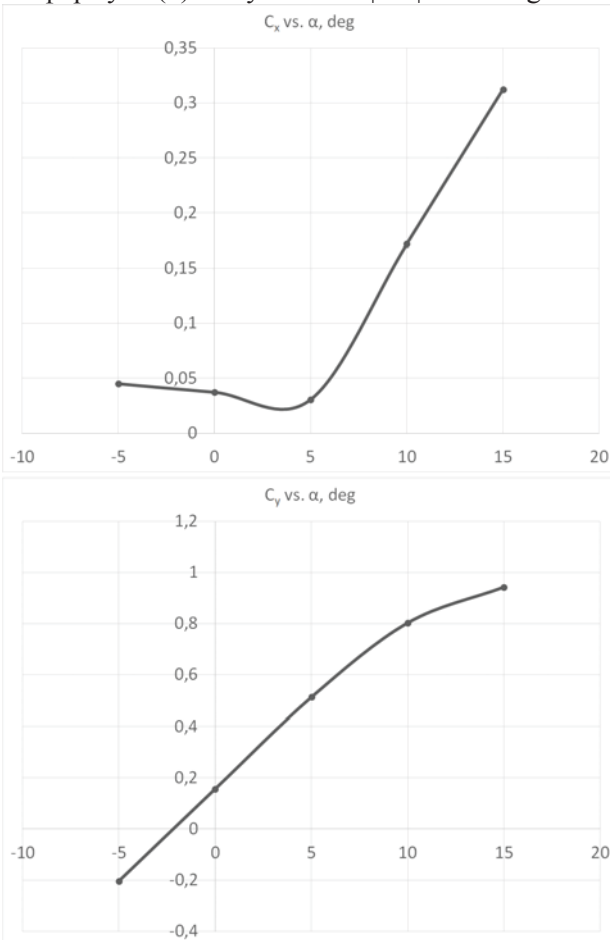
Резултатите от провеждане на числена симулация на обтичането на полукрило на БЛА Ястреб-2М за различни стойности на ъгъла на атака са показани на Фиг. 6. Крилните профили в корневото и крайните сечения на крилото са снети от натура. Ъгловият коефициент в зависимостта  $C_y = f(\alpha)$  се получи  $4.14 \text{ rad}^{-1}$ . Тази стойност е използвана в пресмятането на коефициента на шарнирния момент по формули (9), (10) и (11).



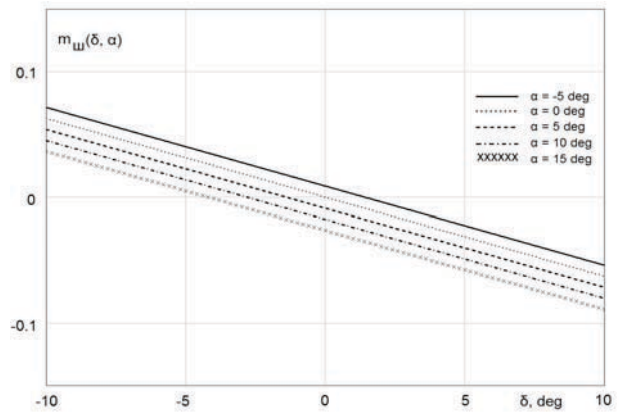


Фиг. 5. Форма на крилото и елерона в план.

На Фиг. 7 са показани стойностите на шарнирния момент във функция от ъгъла на отклонение на елерона. За параметър е избран ъгъла на атака на крилото. Коефициентът на шарнирен момент се влияе слабо от ъгъла на атака, докато по-голямо влияние оказва ъгълът на отклонение на самия елерон. Коефициентът варира в границите  $m_{ш} \in [-0,15; 0,1]$ , като знакът минус е условен и указва посоката на отклонение. За най-тежкия случай  $\alpha = +15 \text{ deg}$  и  $\delta = +10 \text{ deg}$  бе пресметнат шарнирният момент по формула (6). Резултатът е  $|M_{ш}| = 10,9 \text{ kg.cm}$ .

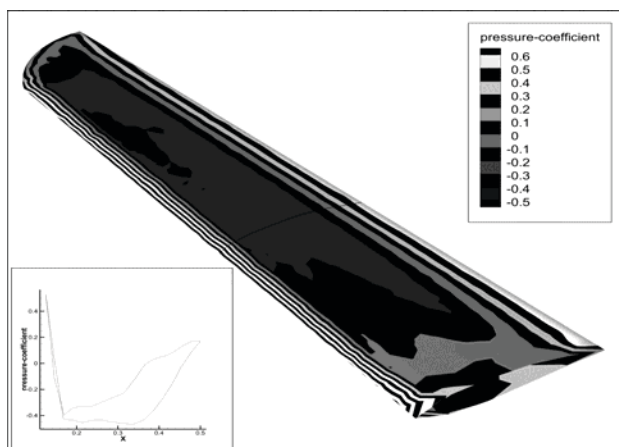


Фиг. 6. Поляри на изолирано крило.



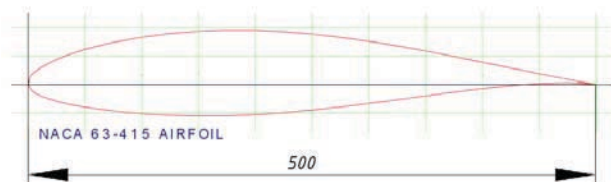
Фиг. 7. Стойности на коефициента на шарнирен момент

На Фиг. 8 е показано разпределението на коефициента на статично налягане по крилото за ъгъл на атака  $\alpha = +5 \text{ deg}$ . В долния ляв ъгъл е показано разпределението на същия коефициент за горната и долна повърхности, но за сечение отдалечено на  $0,75 \text{ m}$  от корневото. Визуализацията е направена с Tecplot 360 Ex 2015, [5]. Наблюдава се градиент на коефициента на статично налягане по атакуващия ръб на крилото, дължащ се на зоната на заприщване.



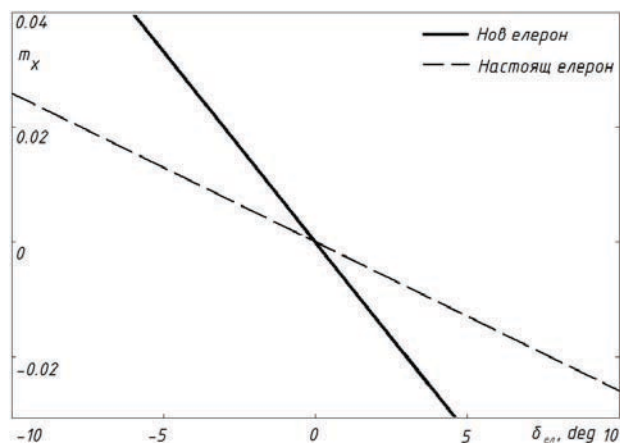
Фиг. 8. Разпределение на коефициента на статично налягане.

От графиката на разпределение на коефициента на статично налягане за сечение на крилото се вижда, че коефициентът приема по-малки стойности по горната повърхност. Това съвпада с очакванията и обяснява възникването на подемна сила „нагоре“. Тази картина на разпределение на коефициента се запазва по всички сечения на крилото с изключение на крайните. Зоната е под влияние на вихровата пелена и логично подемната сила там намалява. Уместно би било монтирането на аеродинамични шайби, което ще увеличи аеродинамичното качество на крилото. Текущата законцовка е неефективна с оглед предотвратяване на изравняването на статичното налягане в този участък.



Фиг. 9. Крилен профил в корневото сечение на крилото на Ястреб-2М.

Стойността на коефициента на съществуващия по настоящем елерон на БЛА Ястреб-2М, изчислен по формула (2),  $C_e = 0.05$  не попада в препоръчвания от Пищнов интервал. За окончателна демонстрация на ефективността на предложения в доклада вариант бяха сравнени производните на коефициента на напречен момент от ъгъла на отклонение на елерона за двата варианта, с използване на формула (15). Резултатите са показани на Фиг. 10 и ясно демонстрират по-високата степен на управляемост, постигната чрез новия елерон. Доколкото управляемостта е въпрос на компромис със статичната устойчивост на планера, резултатите са задоволителни.



Фиг. 10. Зависимост  $m_x = f(\delta_{ел})$

#### 4. Заключение

Мнението на някои водещи специалисти в страна е, че управляемостта на планера по крен е недостатъчна. Причината е малкият статичен момент на елерона. Настоящото изследване предлага резултатите от приблизителен разчет на оптимален елерон, който се вписва в ограниченията, наложени от водещи авиационни конструктори. Получените резултати са препоръчителни и не ангажират завода производител. За тяхното уточняване следва да се построи експериментално полярата  $C_y = f(\alpha)$  и изчисли производната  $\partial C_y / \partial \alpha$  за изолирано полукрило. Също по експериментален път следва да се определи напречната управляемост на планера, като се пресметне производната  $\partial m_x / \partial \delta_e$  за предложения в доклада елерон.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ландышев, Б. К. (1939), *Расчет и конструирование планера*, гл. VI, стр. 146, Оборонной промышленности, Москва, Ленинград
2. Лебедев, А. А., Чернобровкин, Л. С. (1962), *Динамика полета беспилотных летательных аппаратов*, гл. VII, стр. 328, Оборонгиз, Москва
3. Остославский, И. В. (1957), *Аэродинамика самолета*, гл. V, стр. 302 – 337, Оборонгиз, Москва
4. Fluent Inc. (2006), *Fluent 6.3. Tutorial Guide*, Vol. 1, Ch. 3, p. 3-1, Lebanon, NH
5. Tecplot 360 (2013), *Getting Started Manual*, Ch. 3, p. 29, Bellevue, WA

Адрес за контакти:

гр. София, 1113

ИКИТ – БАН

ул. „Акад. Георги Бончев“, блок 1

e-mail: komet@space.bas.bg



## КРИТЕРИИ ЗА ОЦЕНЯВАНЕ НА ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРИГОДНОСТ НА ОПЕРАТОРА НА ЕРГАТИЧНИ СИСТЕМИ

ГЕННАДИЙ МАКЛАКОВ, ПЕТЪР ГЕЦОВ

**Резюме:** В доклада е направен анализ на критериите, определящи професионалната пригодност на операторите в сложни ергатични системи. Привежда се описание на разработения показател за нивото на професионална пригодност. Като примери са разгледани критерии, определящи безопасността и успешността в дейността на авиодиспечера и летателния екипаж.

**Ключови думи:** ергатична система, човек-оператор, професионална пригодност, авиационен персонал.

## CRITERIA FOR EVALUATION OF PROFESSIONAL SUITABILITY OF THE OPERATOR ERGATIC SYSTEMS

GENNADY MAKLAKOV, PETAR GETSOV

**Abstract:** The report provides an analysis of the criteria determining professional suitability of operator ergatic system. This paper presents an indicator of the level of professional suitability of the operator. Criteria to determine the safety and success in the work of air traffic controllers and flight crew are discussed.

**Key words:** ergatic system, operator, professional suitability, aviation personnel.

### 1. Въведение

Както е добре известно, успешното функциониране на сложните ергатични системи, зависи от ефективността и сигурността, с която работят операторите (в атомните електроцентрали, хидроелектроцентралите, химическите производства, системите за управление на въздушния и наземния транспорт и т.н.). Още повече, разбира се, тази закономерност се проявява в един най-сложните видове операторска дейност, каквато е управлението на динамични обекти, в частност пилотирането на самолети и космически апарати.

Човешката грешка в космическия и авиационния отрасъл има особено висока цена. Тук за предотвратяване на произшествия и за повишаване на нивото на безопасност на

полетите е безусловно необходим качествен подбор на персонала. Професионалната пригодност на авиационния персонал и адекватността на неговото поведение в екстремални условия са тясно свързани и заслужават специално внимание и изучаване. Психологията, педагогиката, медицината и други науки разглеждат различни аспекти на човешкото поведение от своя гледна точка и все още не са обединили усилията си, за да определят общите закономерности и ключовите фактори при формирането на това поведение. В такъв смисъл създаването на модел на поведението на човека-оператор е един от най-ефективните методи за решаване на тези проблеми.

Също така е изключително важно обаче за контрол на психофизиологичното състояние

на авиационния персонал и за прогнозиране на неговото поведение в екстремални ситуации да се използват ефикасни съвременни методи. Създаването на такива методи е затруднено поради влиянието на широк спектър причини.

Всичко, изброено до тук, прави особено актуална задачата за разработването на критерии за оценка на професионалната пригодност на човека-оператор на ергатични системи.

## 2. Общи принципи за оценка на нивото на професионална пригодност на оператора на ергатични системи

Един от най-важните моменти за ефективната и безопасна дейност на оператора на сложни ергатични системи е осигуряването на качествено изпълнение на професионалните задължения. Да въведем показател за нивото на професионална пригодност:  $K_{\text{пп}}$  ( $0 \leq K_{\text{пп}} \leq 1$ ).

$K_{\text{пп}}$  ще бъде оценена като средна геометрична стойност на набор от частни показатели  $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$ , определящи съществуващото равнище на професионална подготовка с тегла  $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$  ( $0 \leq W_i \leq 1$ ,  $n$  – количество на значимите показатели), сочещи значимостта на частните показатели  $K_i$ :

$$K_{\text{пп}} = \exp\left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n w_i} \sum_{i=1}^n w_i \ln K_i\right) \quad (1)$$

Качеството на работа на оператора – това е характеристика, върху която влияят множество показатели (Maklakov G, 2012). Ще ги наречем професионално важни качества. Броят на тези качества, които трябва да притежава операторът, за да може да осигури безопасно функциониране на сложна ергатична система, е различен и зависи от вида на неговата дейност (работа в атомни електростанции, хидроелектростанции, химически производства, системи за управление на въздушния и наземния транспорт и т.н.). Естествено, за различните видове дейности броят на значимите фактори ( $K_i$ ), определящи професионалната пригодност, ще бъде различен, ще се променя тяхната значимост, което ще предизвика съответстващ подбор на коефициенти ( $W_i$ ).

Най-сложният вид дейност, осъществявана в земни условия по управление на ергатични системи, е работата на авиодиспечера, по-точно на полетния диспечер (сътрудник по осигуряване на полетите). Затова ще конкретизираме метода за определяне на коефициента за професионална пригодност

(КПП), като разгледаме работата на авиационен диспечер.

## 3. Принципи за определяне на равнището на професионална пригодност на авиационния диспечер

Върху качеството на работа влияят множество показатели, които определяме като професионално важни качества на авиационния диспечер (Maklakov G., Klimkov P., 2011). Като първо приближение, въз основа на анализ на данни от литературата и нашите проучвания, професионално важните качества на авиодиспечер можем да представим в 4 основни групи: професионални качества, психофизиологични качества, психосоциални качества и медико-биологични качества.

С оглед на по-горе представените показатели ( $n=4$ ) изразът (1) за критерия, характеризиращ качеството на работа на авиационния диспечер ( $K_{\text{ад}}$ ), ще приеме вида:

$$K_{\text{ад}} = \exp\left(\frac{1}{\sum_{i=1}^4 w_i} \sum_{i=1}^4 w_i \ln K_i\right) \quad (2)$$

където  $K_1 = K_{\text{проф}}$  – ниво на професионална компетентност;

$K_2 = K_{\text{пф}}$  – ниво на психофизиологичния статус;

$K_3 = K_{\text{пс}}$  – ниво на психосоциалния статус;

$K_4 = K_{\text{мед}}$  – ниво на медико-биологичния статус.

Ако приемем, че всички критерии са равностойни, то изразът (2) може да бъде представен в опростен вид:

$$K_{\text{ад}} = \sqrt[4]{(K_{\text{проф}} K_{\text{пф}} K_{\text{пс}} K_{\text{мед}})} \quad (3)$$

Да разгледаме частните критерии за качество на работата на авиационния диспечер.

Нивото на професионална компетентност ( $K_{\text{проф}}$ ) може да се определя по формулата:

$$K_{\text{проф}} = F_1(K_{\text{птз}} K_{\text{пу}} K_{\text{пн}} K_{\text{прпз}} K_{\text{нпз}}), \quad (4)$$

където  $K_{\text{птз}}$  – ниво на професионалните теоретични знания;

$K_{\text{пу}}$  – ниво на професионалните умения;

$K_{\text{пн}}$  – ниво на професионалните навици;

$K_{\text{прпз}}$  – период на разрушаване на получените знания;

$K_{\text{нмз}}$  – ниво на мобилизация на знанията за приемане на решение.

Конкретните значения на критериите за нивото на професионална компетентност (4) може да се определят чрез провеждане на съответно професионално тестиране с оглед на изискванията и препоръките на ИКАО и



Евроконтрол. В България всички тези въпроси са разгледани в Наредба № 1 от 16.01.2003 г. «За свидетелствата за правоспособност на авиационния персонал», издадена от министъра на транспорта. Методите и способите за оценяване на професионалната компетентност детайлно са представени на сайта на Главна дирекция "Гражданска въздухоплавателна администрация" (ГД ГВА).

Операторът на ергатични системи (и, разбира се, авиодиспечерът) изпълнява своите задължения в колектив (социотехническа система). Поради това уменията му да работи в екип ние включваме като важен параметър в неговата професионална пригодност. Ще наречем тази характеристика ниво на психосоциалния статус ( $K_{пс}$ ). Можем да го оценим, използвайки зависимост (5):

$$K_{\text{проф}} = F_2(K_{\text{ск}} K_{\text{спс}} K_{\text{нзр}}), \quad (5)$$

където  $K_{\text{ск}}$  – степен на комуникабельност;  
 $K_{\text{спс}}$  – степен на психологическа съвместимост;  
 $K_{\text{нзр}}$  – ниво на заинтересованост в работата.

За да може да се справя добре със служебните си задължения, авиодиспечерът трябва да притежава добро здраве (в това число, естествено, нормално трябва да функционират органите на сърдечно-съдовата система). Поради това авиодиспечерът периодично се явява на експертна лекарска комисия. Редът за извършване на такива изследвания е определен с нормативни документи, които са изложени на сайта на ГД ГВА. Нивото на медико-биологичния статус ( $K_{\text{мел}}$ ) в първо приближение може да се оцени по израз (6).

$$K_{\text{проф}} = F_3(K_{\text{тсз}} K_{\text{са}} K_{\text{вфс}}), \quad (6)$$

където  $K_{\text{тсз}}$  – ниво на текущото състояние на здравето;  
 $K_{\text{са}}$  – степен на способността за адаптация;  
 $K_{\text{вфс}}$  – скорост на възстановяване на функционалното състояние.

Доказано е, че психофизиологическите характеристики и по-точно уменията да управлява състоянието на съзнанието си, има водеща роля за оператора при изпълнение на неговата професионална дейност (Maklakov G., 2014).

Изследвания, проведени в много авторитетни научни организации (Международна академия по проблемите на човека в авиацията и космонавтиката, Москва; Държавен научно-изследователски изпитателен институт по авиационно-космическа медицина,

Москва; Институт за космически изследвания и технологии при Българската академия на науките, София и др.), дават основание да се твърди с голяма степен на вероятност, че у авиационните специалисти, попаднали в екстремални ситуации, възниква изменено състояние на съзнанието (ИСС).

На психолозите е известно, че човек в такова състояние може съществено да повиши своите способности и да приеме възможно най-правилно решение в аварийна ситуация - при това за невероятно кратко време.

Има безброй много такива примери за положително въздействие на ИСС върху начина, по който човек реагира в рискови ситуации. Никак не са малко обаче и другите случаи, когато в състояние на ИСС процесът на вземане на решения е блокиран напълно и това се оказва фатално. Без съмнение, налице е необходимост да се повиши нивото на безопасност на полетите. Това може да стане като се използват методи за обективен контрол върху състоянието на съзнанието и прогнозиране на поведението на човека в екстремални ситуации – каквито методи разработихме и предлагаме в настоящата работа.

Смятаме, че е задължително при оценяването на професионалната пригодност на оператора на ергатични системи (и, разбира се, авиоспециалиста) да се вземат предвид психофизиологичните му качества. Те се определят на основата на количествена оценка за нивото и запаса от психофизиологични резерви [4]. Нивото на психофизиологичния статус ( $K_{\text{пф}}$ ) предлагаме да се оценява с помощта на израза (7).

$$K_{\text{проф}} = F_4(K_{\text{тпс}} K_{\text{упп}} K_{\text{пен}} K_{\text{нсм}}), \quad (7)$$

където  $K_{\text{тпс}}$  – ниво на текущото психофизиологично състояние;  
 $K_{\text{упп}}$  – ниво на устойчивост на психическите процеси в екстремални условия;  
 $K_{\text{пен}}$  – ниво на понесените емоционални натоварвания;  
 $K_{\text{нсм}}$  – ниво на устойчивост на сензорните, моторните процеси в екстремални условия.

#### 4. Принципи за определяне на нивото на професионална пригодност на летателния екипаж

Анализирайки литературни данни и собствени изследвания, смятаме, че професионално важните качества за летателния екипаж можем да разделим на 7 основни групи: ниво на теоретичната подготовка ( $K_{\text{теор}}$ ), ниво на физическата подготовка ( $K_{\text{физ}}$ ), ниво на

психологическата подготовка ( $K_{\text{псих}}$ ), ниво на тренажорната подготовка ( $K_{\text{тр}}$ ), ниво на подготовката за реална професионална дейност ( $K_{\text{рпд}}$ ), ниво на психофизиологическата подготовка ( $K_{\text{псфиз}}$ ), ниво на лингвистическата подготовка ( $K_{\text{линг}}$ ).

С оглед на изброените показатели ( $n=7$ ) изразът (1) ще приеме вида:

$$K_{\text{ппл}} = \exp\left(\frac{1}{\sum_{i=1}^7 w_i} \sum_{i=1}^7 w_i \ln K_i\right) \quad (8)$$

където  $K_1 = K_{\text{теор}}$ ;  $K_2 = K_{\text{физ}}$ ;  $K_3 = K_{\text{псих}}$ ;  $K_4 = K_{\text{тр}}$ ;  $K_5 = K_{\text{рпд}}$ ;  $K_6 = K_{\text{псфиз}}$ ;  $K_7 = K_{\text{линг}}$ .

Ако сметем, че за професионалната пригодност на летателния екипаж всички компоненти на подготовката са еднакво важни, то можем да приемем равенство на коефициентите ( $W_i$ ) и да получим опростен вид на израза (8):

$$K_{\text{ппл}} = \sqrt[7]{(K_{\text{теор}} K_{\text{физ}} K_{\text{псих}} K_{\text{тр}} K_{\text{рпд}} K_{\text{псфиз}} K_{\text{линг}})} \quad (9)$$

Предложеният подход мина апробация в Кировоградската летателна академия. Беше изработен модел за подготовка на авиационния специалист. Под «модел на специалиста» обикновено се разбира множество от точно представени факти, които дават описание на различни страни от неговото състояние: знания, умения, навици, личностни характеристики, професионални качества, типови грешки, състояние на здравето и др.

## 5. Заключение

Статистиката недвусмислено показва, че в ергатичните системи (системите «човек - машина») най-уязвимо звено става човекът-оператор или, както е прието да се нарича – човешкият фактор. Че успешното функциониране на сложните ергатични системи зависи от ефективността и сигурността, с която работят операторите, е отдавна известно. Трябва обаче да подчертаем, че тази зависимост е толкова по-голяма, колкото по-сложен е видът операторска дейност.

Безопасността на функциониране на сложните ергатични системи (атомни електроцентрали, хидроелектроцентрали, химически производства и др.) в значителна степен се определя от нивото на подготвеност на човека-оператор, от неговата способност да приема оптимални решения в екстремални ситуации.

Определянето на равнището, на което се намира професионалната пригодност на оператора на ергатични системи, е изключително сложна задача поради множеството фактори, които определят процеса на вземане на решения за осигуряване на нормална (безопасна) работа на ергатичните системи. Подходът, изложен в настоящата работа, се явява първо приближение към решаването на този сложен проблем и може да бъде използван за създаване на модел на човека-оператор с цел да се прогнозира поведението му при възникване на екстремални ситуации.

Едно от възможните приложения на предложения критерий е неговото използване за организиране на учебния процес при подготовка на оператори на сложни системи.

В психологията на труда откриването на професионално значимите качества е в тясна връзка с определянето на професионалната пригодност. Оценката на професионална пригодност е част от цялостната оценка за една личност.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Maklakov G. (2014) “*Tehnologiya za izsledvane na izmeneni sastoyaniya na saznanieto pri profesionalnata deynost na aviatsionno-kosmicheski personal*“, Paper read at VIIth Natsionalen kongres po psihologiya - 2014, Sofia, Bulgaria, pp. 66-75.
2. Maklakov G. (2012) “*Psihofiziologino osiguryavane na nadezhdnost v deynostta na operatorite na slozhni ergatichni sistemi*“, Paper read at International Congress Science, Education, Technologies “40 Years Bulgaria Space Country”, SRTI-BAS Sofia, Bulgaria, pp. 153-162.
3. Maklakov G., Klimkov P. (2011) “*Kriteriy kachestva raboty aviadispetchera*“, Paper read at VIIth Mezhdunarodna konferentsia «Sovremennyye informatsionnyye tekhnologii v upravlenii i professional'noy podgotovke operatorov slozhnykh sistem», Kirovograd, Ukraine, pp. 53-55.

Адрес

E-mail: gmaklakov@mail.bg

E-mail: director@space.bas.bg



## МЕТОДИКА ЗА БЪРЗО ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОСНОВНИТЕ ПАРАМЕТРИ НА БЕЗПИЛОТНИ ЛЕТАТЕЛНИ АПАРАТИ

ХРИСТИАН ПАНАЙОТОВ

**Резюме:** Предложена е методика за бързо определяне на основните параметри на безпилотни летателни апарати (БЛА), която се основава на статистически анализ на съществуващи такива. Изведени са зависимости за излетната маса, относителната маса празен, относителната маса на горивото, енерговъоръжеността и крилното натоварване от масата на полезния товар, продължителността и скоростта на полета. Методиката е предназначена за ранните етапи на проектиране като средство за първоначална оценка на основните параметри на БЛА.

**Ключови думи:** безпилотни летателни апарати, проектиране, основни параметри, статистически анализ

## METHODOLOGY FOR RAPID SIZING OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

HRISTIAN PANAYOTOV

**Abstract:** In the present paper a methodology for rapid sizing of unmanned aerial vehicles (UAV) is presented. Using statistical analysis of existing UAVs the main design parameters are determined. Take-off mass, empty mass fraction, fuel mass fraction, power-to-weight ratio and wing loading are defined in terms of payload mass, flight endurance and speed. This methodology could be used as a preliminary assessment of UAV's design parameters at early design phases.

**Key words:** UAV, design, sizing, statistics

### 1. Introduction

Unmanned systems and in particular Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) have become part of our everyday life. We now observe an increasing role in their civil use, but the main field of missions remains in military operations. Unmanned systems continue to deliver new and enhanced battlefield capabilities to the warfighter. While the demand for unmanned systems continues unabated today, a number of factors will influence unmanned program development in the future [1]. The most important missions for UAVs are reconnaissance and surveillance. There are several classes of UAVs that perform such missions and according to some classifications they are micro, mini, midi and heavy,

depending on their maximum take-off weight (MTOW). Micro UAVs that weight no more than a few kilograms (both fixed and rotary wing aircraft) vary widely in their shapes and sizes and overall designs. However mini, midi and heavy UAVs, which are mainly fixed-wing platforms have more similarities. Hence the idea of statistical analysis of those classes arise in order to obtain some adequate approximations for rapid preliminary UAV sizing in the initial design phases. In the beginning of conceptual design phase there is some ambiguities that the designer has to overcome. The presented methodology in this paper can be used as a first design iteration for sizing or as a starting design point. The most important parameters that have to be

defined in the design of a new aircraft are its take-off mass, wing loading and power-to-weight (thrust-to-weight) ratio. Thus the main scope of this paper aims at statistical definition of those parameters.

## 2. Statistical analysis

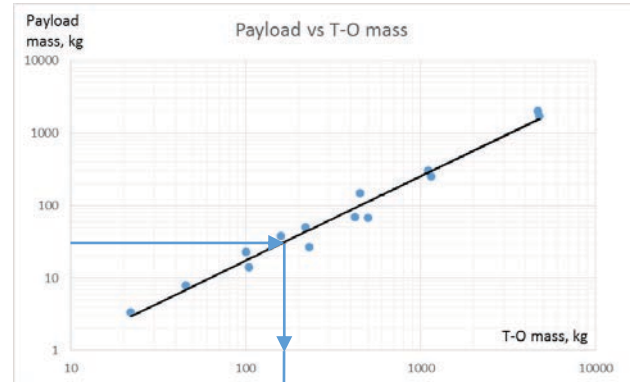
To obtain correct information about desired design parameters data sample containing 30 UAVs is formed. Statistical analysis and mainly regression analysis or curve fitting is used to derive the design equations. Firstly the correlation between UAV take-off mass and payload mass is examined.

**Table 1.** UAV's statistical data sample

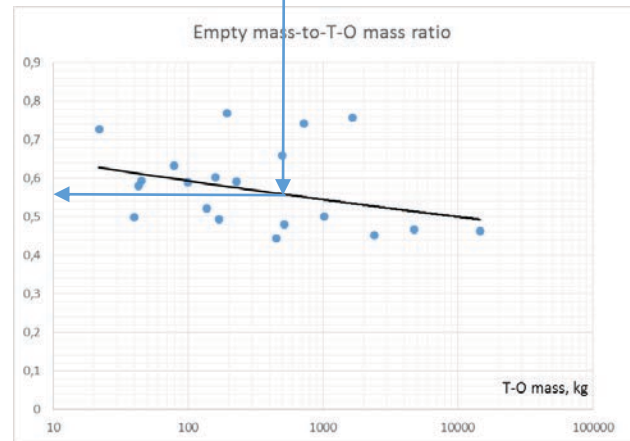
Company name/ UAV	T-O mass, kg	Empty mass, kg	Payload mass, kg
EMT Luna X-2000	40	20	-
Tadiran Mastiff	138	72	-
Silver Arrow Micro-V	45,5	27	8
IAI Scout	159	96	38
IAI Searcher	500	330	68
IAI I-View	104	-	14
IAI Heron-1	1150	-	250
IAI Eitan	4650	-	2000
AAI RQ-7 Shadow	170	84	-
Elbit Hermes 450	450	200	150
Elbit Hermes 900	1100	-	300
Selex ES Falco	420	-	70
Alliant RQ-6 Outrider	230	136	27
Arcturus T-20	79	50	-
BQM-147 Dragon	43	25	-
Boeing Insitu RQ-21 Blackjack	61	-	-
Boeing Insitu ScanEagle	22	16	3,4
LTV XQM-93	2404	1089	-
General Atomics GNAT	520	250	-
General Atomics MQ- 1 Predator	1020	512	-
General Atomics MQ- 9 Reaper	4760	2223	1700
AAI Corporation Aerosonde	13,1	-	-
Northrop Grumman RQ-4 Global Hawk	14628	6781	-
Aeronautics Aerostar	220	-	50
Silver Arrow Darter	100	59,1	22,7
Elbit Hermes 180	195	150	-
Elbit Hermes 1500	1650	1250	-
RQ-5 Hunter	726	540	-
ADS 95 RANGER	285	-	45

Table 1 shows the values for UAV's take-off mass (T-O mass), empty mass and payload mass. In

the beginning of a new design often it is necessary to know aircraft empty mass fraction that is the relation between the empty mass and take-off mass. Usually the empty mass fraction varies with the take-off mass that is why first take-off mass has to be determined. This can be done using the payload mass as an input.



**Fig. 1.** Payload vs Take-off mass



**Fig. 2.** Empty mass fraction

Figure 1 depicts the correlation between payload mass and take-off mass, based on the data in Table 1, whereas fig. 2 shows the empty mass fraction in terms of the take-off mass. Thou these plots may seem linear one has to notice that in some cases logarithmic scale is used.

The approximation equations are as follows:

$$m_0 = 9.4274m_p^{0.8378}; \quad (1)$$

$$\left(\frac{m_e}{m_0}\right) = 0.7053m_0^{-0.037}, \quad (2)$$

where:  $m_0$  is the take-off mass, kg;  
 $m_p$  is the payload mass, kg;  
 $m_e$  is the empty mass, kg.

Another key design parameter in the early design phase is the fuel mass fraction that is the relation of mission fuel mass to take-off mass. This relation could be derived from the Breguet range equation [2]. It mainly depends on the power plant

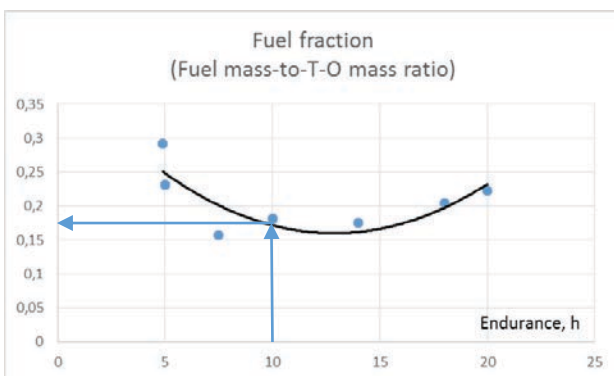


specific fuel consumption (SFC), the range (or endurance) and aircraft aerodynamic efficiency. Assuming that the SFC and aerodynamic efficiency do not differ in large scale it is possible to analyze the relation of the fuel mass fraction vs flight endurance.

Table 2 shows the correlating data. This sample is somehow poor, because rarely the fuel mass is given. The plot of fuel mass fraction is shown in fig. 3. According to the Breguet range equation this relation should be exponential. However the curve in fig. 3 has an obvious minimum. This is because the statistical data does not exactly meet the assumption that the SFC is a constant. It is rather the UAVs with smaller endurance use two-stroke engines with relatively high SFC. The UAVs with medium endurance use four-stroke engines with relatively smaller SFC. Thus an controversial conclusion: statistically UAVs that have endurance from 10 to 15 hours have minimal fuel mass fraction!

**Table 2.** UAV's statistical data sample

Company name/ UAV	T-O mass, kg	Endurance, h	Fuel mass, kg
Silver Arrow Micro-V	45,5	5	10,5
IAI Scout	159	7,5	25
IAI Searcher	500	18	102
Elbit Hermes 450	450	20	100
Alliant RQ-6 Outrider	230	4,9	67
General Atomics MQ-9 Reaper	4760	14	837
Silver Arrow Darter	100	10	18,2



**Fig. 3.** Fuel mass fraction vs Endurance

Finally for the complete initial sizing of a new UAV concept the power-to-weight ratio and the wing loading have to be defined. Again statistical approach is used. An assumption is made that the power of UAV's engine depends mainly on its cruise speed. The higher the cruise speed, the higher the required power. It is much harder to calculate the wing loading due to the lack of information about the

UAV's wing area. However the wing span is always given, so an additional assumption is made that the wing aspect ratio is constant and equals 10. The result approximation wing area is:

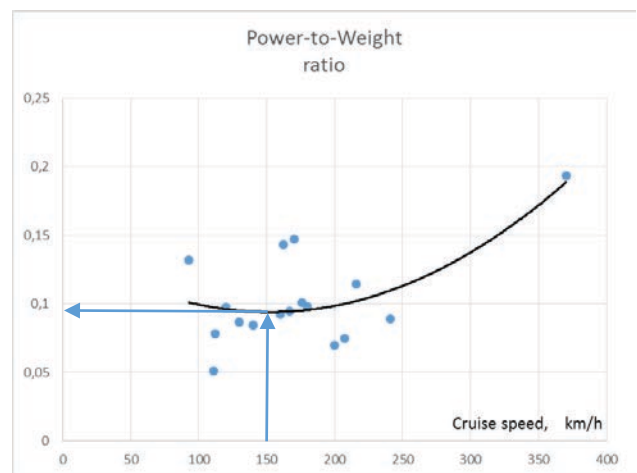
$$S_{approx} = \frac{b^2}{AR}, \quad (3)$$

where:  $b$  is the wing span, m;  
 $AR$  is the wing aspect ratio.

**Table 3.** UAV's statistical data sample

Company name/ UAV	T-O mass, kg	Cruise speed, km/h	Power, kW
Silver Arrow Micro-V	45,5	93	6
IAI Scout	159	176	16
IAI Searcher	500	200	35
IAI Heron-1	1150	207	86
IAI Eitan	4650	370	900
Elbit Hermes 450	450	130	39
Elbit Hermes 900	1100	112	86
Selex ES Falco	420	216	48
Arcturus T-20	79	167	7,5
Boeing Insitu ScanEagle	22	111	1,12
LTV XQM-93	2404	170	354
General Atomics GNAT	520	160	48
General Atomics MQ-1 Predator	1020	140	86
AAI Corporation Aerosonde	13,1	120	1,28
Elbit Hermes 180	195	162	28
Elbit Hermes 1500	1650	241	147
ADS 95 RANGER	285	180	28

Table 3 shows the data used to determine the power-to-weight ratio plot (Fig. 4).



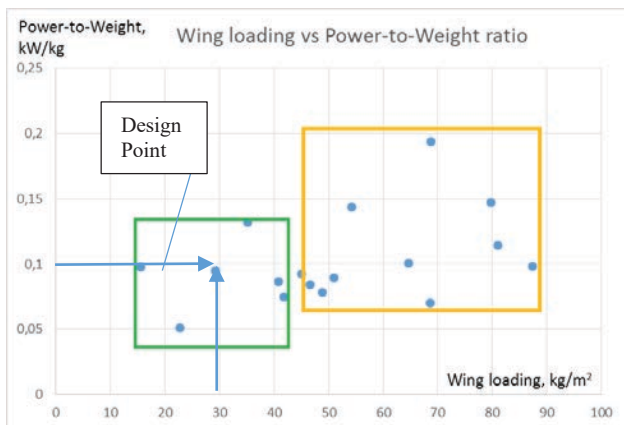
**Fig. 4.** Power-to-Weight ratio

Wing loading is calculated using the abovementioned approximation of UAV's wing area, given in Table 4 and by definition it equals [3]

$$p = \frac{m_0}{S_{approx}}, kg/m^2. \quad (4)$$

**Table 4.** UAV's statistical data sample

Company name/ UAV	T-O mass, kg	Wing span, m	Approx. Wing Area, m <sup>2</sup>
Silver Arrow Micro-V	45,5	3,6	1,30
IAI Scout	159	4,96	2,46
IAI Searcher	500	8,54	7,29
IAI Heron-1	1150	16,6	27,56
IAI Eitan	4650	26	67,60
Elbit Hermes 450	450	10,5	11,03
Elbit Hermes 900	1100	15	22,50
Selex ES Falco	420	7,2	5,18
Arcturus T-20	79	5,2	2,70
Boeing Insitu ScanEagle	22	3,11	0,97
LTV XQM-93	2404	17,37	30,17
General Atomics GNAT	520	10,75	11,56
General Atomics MQ-1 Predator	1020	14,8	21,90
AAI Corporation Aerosonde	13,1	2,9	0,84
Elbit Hermes 180	195	6	3,60
Elbit Hermes 1500	1650	18	32,40
ADS 95 RANGER	285	5,71	3,26



**Fig. 5.** Design Point Definition

Figure 5 depicts the relation between wing loading and power-to-weight ratio. Since this is a statistical relation it is not possible to fully define it, rather there is some recommended areas. The two rectangles form two design areas – the first one - UAVs with lower cruise speeds and the second one with higher cruise speeds. The wing loading has to be specified during next design iterations.

### 3. Sizing methodology

The sizing methodology will be demonstrated using an example. Given are: UAV's payload - 30 kg; flight endurance – 10 h; cruise airspeed – 150 km/h. From fig. 1 and fig. 2 for 30 kg payload the take-off mass is  $m_0 \approx 110$  kg and empty mass fraction is  $m_e/m_0 \approx 0.55$ . From fig. 3 for 10 h endurance the fuel mass fraction is  $m_f/m_0 \approx 0.17$ . Finally the design take-off mass can be calculated using the formula:

$$m_0 = \frac{m_p}{1 - \frac{m_e}{m_0} - \frac{m_f}{m_0}} = \frac{30}{1 - 0.55 - 0.17} = 107.1 \text{ kg} \quad (5)$$

For the given airspeed the power-to-weight ratio is approximately 0.1 kW/kg (Fig. 4) and the wing loading is about 30 kg/m<sup>2</sup> (Fig. 5).

### 4. Conclusion

A methodology for rapid UAV sizing, based on statistical analysis of existing UAVs is proposed. It is intended to be used at early design phase to determine common design parameters such as take-off mass; empty mass fraction; fuel mass fraction; power-to-weight ratio and wing loading.

### LITERATURE

1. Unmanned Systems Integrated Roadmap FY 2013-2038, US Department of Defense.
2. Torenbeek, E. Advanced Aircraft Design, 2013, ISBN: 9781119969303, A John Wiley & Sons, Ltd., Publication
3. Зафиров, Д.И. Проектиране на летателните апарати: Концептуален подход, 2014, ISBN: 978-954-8932-69-1

Contacts: Assoc. Prof. Dr. H. Panayotov  
 Address: TU-Sofia, Plovdiv branch, Dept.  
 Aviation Engineering, 25 Tsanko  
 Dyustabanov Str., 4000 Plovdiv  
 E-mail: hristian@tu-plovdiv.bg



## IDENTIFICATION OF INEXPLICIT RELATIONS BETWEEN SPARE PARTS OF VEHICLES

STANISLAV DIMITROV, YORDANKA BONEVA, TODOR STOILOV, KRASIMIRA STOILOVA

**Abstract:** *The article applies a quantitative approach to identify inexplicit relations between the usages of sets of spare parts for vehicles. Having a set of data, related to the usage of spare parts from store house, the identification of relations between the different parts can help the planning procedure for vehicle repair and exploitation expenditures. Two algorithms are applied to identify the data. The first one is a sorting important indicators such as quantity and revenue size. The second one is a calculation of the covariance relationships between variance items. The paper illustrates this quantification approach applying statistical calculations in EXCEL environment.*

**Key words:** *inexplicit relations, quantification approach, identification and correlations*

### 1. Introduction

The goal of the paper is to derive algorithms for identification of inexplicit relations, concerning the utilization of spare parts of vehicles. Having such set of relations, one can optimize the exploitation expenditures for the fleet management of vehicles. The benefit of the quantification approach results in precise quantification assessment of sets of vehicles spare parts, which are used in correlation.

The research targets the identification of non-obvious and inexplicit relationships between economic parameters in a fleet management system. Two general tasks are defined in conjunction with the stated problem of the identification of inexplicit relations. The first one is to analyze the dataset which is stored, during the fleet management. For simplicity of the form of the input data, the research applies Excel format of the inputs. The next task is to derive quantitative relations between the usage of the different spare parts during the exploitation and fleet management.

This research was fed with real data provided by the industry enterprise „DiD - Stojanov 91” Ltd., a company from Kavarna town, Bulgaria. The enterprise managed data in Excel format, which was the reason the evaluations and identification procedures to be performed in Excel environment [3].

The hypothesis that is tested in the process of this research is that there are non-obvious relationships between the spare parts used and stored for the fleet exploitation. For the case of practical application of the derived relations, it has been assumed that the statistical error, originated from the discrete nature of the input data is negligible. The analyzed data cover a period of 10 months and the number of orders is more than 5000.

### 2. Data Analysis

The initial processing of the raw information is performed by using pivot tables which give the opportunity big tables to be presented in a different type that is suitable for data analysis. They use text and number data, sorting, filtering, introduction of fourth dimension, build-in functions, interactive tables and diagrams [1, 2].

Pivot tables allow full control over the positioning of the rows and columns in the table with data so that all important values can be rearranged at any time.

The main characteristics are

- Creation of interactive tables and diagrams
- Fast filtering of data
- Change in the way the data are presented

In the probability and statistics theory the covariance matrix is a measure of how two random variables vary together. If bigger values of a variable correspond to bigger values of another variable and the same is true for the smaller values, then the variables show a similar behavior and the covariance is positive. Otherwise, when bigger values of a variable correspond to smaller values of another variable then the variables show opposite behavior and the covariance is negative. Therefore, the covariance shows the tendency in a linear relationship between two variables [4].

The covariance matrix is a quadratic matrix that contains variance and covariance of several variables. The diagonal elements of the matrix contain the variance of the variables and the rest of the elements contain the covariance between all possible pairs of variables [5].

Calculation of the covariance matrix is given by the relations:

$$\sigma_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{N} \quad (1)$$

The matrix with raw data is in the form

$$A = \begin{pmatrix} x_1 & \cdots & y_1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_N & \cdots & y_N \end{pmatrix} \quad (2)$$

The matrix of mistakes is

$$E = \begin{pmatrix} x_1 - \bar{x} & \cdots & y_1 - \bar{y} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_N - \bar{x} & \cdots & y_N - \bar{y} \end{pmatrix} \quad (3)$$

The covariance matrix is

$$Cov(A) = (E * E^T) / N \quad (4)$$

In the context of the task in hand the covariance matrix is calculated to define if there is a relationship between two items, e.g. it becomes obvious if the sale of one item leads to the sale of

another item or there is no such a relationship between the two items.

## 2.1. Analysis of real data

A small part of the given input data are presented in Table 1:

**Table 1. Input data**

DiD – Stojanov 91 Ltd. – Kavarna			
Date	Item	Quantity	Income [lv]
05-03-2012	side cutting pliers universal 8	1	5.30
05-03-2012	Shock metal screwdriver 4 tip	1	10
05-03-2012	Slotted screwdriver cr.v.ph 2x38 hercules/12ts30200c	1	2.9
05-03-2012	Bearing 6408	2	24
05-03-2012	Bearing 6206 zz snr	4	28
05-03-2012	Gasket 30x52x10	4	4.80
05-03-2012	Prunig shears profi type c/48	1	3.20
05-03-2012	silicone lubricant 400ml	1	6.9
05-03-2012	Folding saw fs07	1	9.3
05-03-2012	shovel with wooden handle	1	5.80
05-03-2012	Light tractor mtz stop, turn, parking	1	7
05-03-2012	Petrol engine 5.5 h.p.	1	191.66
06-03-2012	Battery MONBAT- 12v 185ah 1350a - 12/185l dynamic	2	540
06-03-2012	931 hex bolt m 18x100, 8.8, bl	20	47
06-03-2012	934 hex nut m18, zn	20	4

The raw data is for a period of 10 months – from March to December 2012.

The table contains 5569 rows. The fields in the table are as follows: Date – presenting the date of sale of a given item, Item – presenting the type of the item, Quantity – presenting the sold quantity of the item in particular day and Income – presenting the income of a sale of a given item on the corresponding day.



## 2.2. Pivot table and weight of the items

The table with weight of items is necessary in order to define the income which the item has brought to the store for a given period and what is its weight. The values of weights present the ratio between the income from a given item to the total income of all items. For any single item a relative coefficient is obtained in the interval from 0 to 1.

The results from the pivot table with weights are presented in Table 2.

**Table 2:** Pivot table with weights of the items

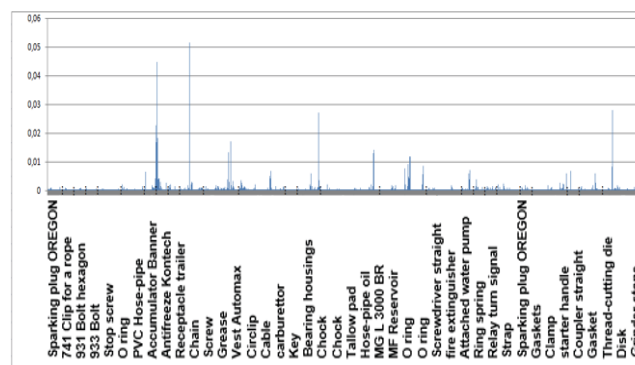
From date	(all)
weight	
Item	Total
Candle Oregon	6.49942e-05
030 clutch cover	0.000259769
040 disk диск	0.000194827
090 clutch disk 80 mtz	0.000597469
10642 screw allen m14x40 10.9	8.31261e-05
11023 pin valve 4.5x42	6.85791e-05
113 shaft	0.000181838
180 coupling	0.000176643
20lp64e chain 15 - 325 - 1.3 mm	0.000571492
20lp72e chain 18 - 325 - 1.3 mm	0.000124689
21lp64e chain 15 - 325 - 1.5 mm	0.000805284
21lp72e chain 18 - 325 - 1.5 mm	0.000124689
22lp62e chain 15 - 325 - 1.6 mm	0.000311723
22lp67e chain 16 - 325 - 1.6 mm	0.001052065

The number of items in the pivot table with weights is 2322.

The items are presented on the left and the weights are on the right part of the table.

Fig. 1 presents the data from Table 2 in a graphical view.

It is obvious from Fig.1 that the highest income is generated by spare parts that are exploited in fleet management „Chain P-P 50 T/CH B200M” and it is followed by „Battery Monbat – 12V 185Ah 135A – 12/185L dynamic”.



**Fig. 1.** Graphic of weights

## 2.3. Relationships between all items sold in the store

To receive an in-depth analysis of the data, they are restructured by using a pivot table. The result is presented in Fig. 2. The first column contains the date of the purchase and row 4 – the name of the item. The rest of the table contains the income from the sold items on a given date. This pivot table presents a matrix with intermediate data which are used in the subsequent analysis.

**Fig.2.** Restructuring of the data in a pivot table

A covariance matrix has been calculated between all items sold in the store for agricultural machinery for a period of 10 months.

The matrix is 2338x2338. The findings are as follows:

135 items have a positive relationship with more than 200 other items which represents 10% from all sold items for the given period.

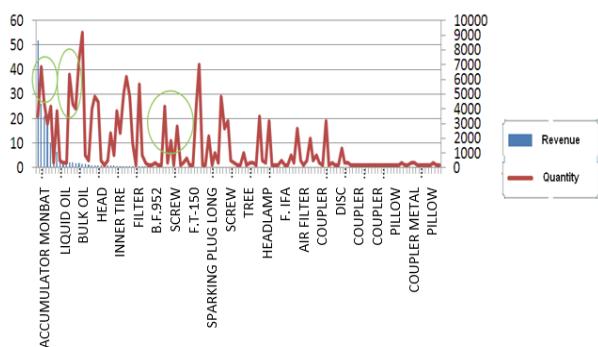
Several items with strong positive relationships with the income from other items are shown in Table 3:

**Table 3.** Items with the biggest number of positive values in the covariance matrix

Items	Number of positive values in the covariance matrix
934 nut hex m10, zn	627
Battery Monbat 12 v 62ah 520a - 12/62r formula	575
Disk metal 230x3 bulflex	449
:	:
Starter rope 4.00 mm	201
Front tire 8.25 - 15 /vida/ pr14	201

The total income from these items is 31757,9 lv.

Figure 3 shows the relationship between the income and the quantity of these items.



**Fig. 3:** Relationship between income/quantity for the items with positive covariance with more than 200 other items

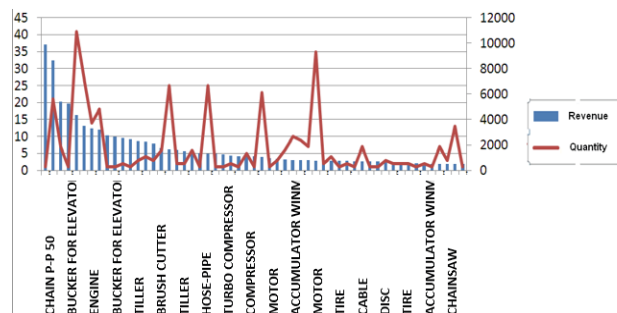
From this figure we can draw the conclusion that the sales of accumulators MONBAT represent a big part of the income of the items with positive covariance relationship and that the quantity that is sold from them is considerable.

The types of liquid oils have constant values considering the income and the quantity that is sought. Furthermore, 934 hexagon screw M20, M16, M8 Zn are constantly purchased by clients, but do not contribute significantly to the income of the store because of their low price per unit.

The conclusions from the analysis are indicated with green circle for better visibility.

## 2.4. Information about the items that attract highest income for the store

Figure 4 shows the items that attracted more than 500 lv. income for the store.



**Fig. 4:** Items with income more than 500 lv.

It clearly shows that except for the above mentioned accumulators other accumulators from the same and from different manufacturer attract high income as well. The results are shown in table 4.

**Table 4:** Items that attract income more than 500 lv and the corresponding quantity that is sold

Row Labels	Sum of Приход	Count of Количество
CHAIR P-P 50 T/CH	9900	1
ACCUMULATOR MONBAT 12V 185AH 1350A -12/185L DYNAMIC	8625,67	21
TILLER 7 H.S 100, 3 R	5372,33	7
BASKET FOR ELEVATOR	5238	1
ACCUMULATOR MONBAT 12V 62AH 520A 12/62R FORMULA	4351,63	41
ACCUMULATOR MONBAT 12V 75AH 670A 12/75R FORMULA	3502,32	27
ENGINE 6,5 H.S. PETROV	3297,53	14
ACCUMULATOR MONBAT 12V 62AH 780A 12/100R FORMULA	3224,5	18
STRAP FOR ELEVATOR 300/6M -L26	2730	1
BASKET FOR ELEVATOR 436	2664	1
TIRE 6.5X70-18	2540	2
TILLER B4-3G WITH LAMP	2475	1
TILLER VIKI PETROV	2294	3
TILLER VIKI PETROV	2270,5	4
BRUSHCUTTER PETROV	2090,83	3
LIQUID OIL MXL 46	1733,35	6
TILLER 6.5 H.S. 100, 3 R	1670,06	25
TILLER CLD-TO2 50 CM	1616,67	2
ACCUMULATOR MONBAT 12V 140AH 1000A-12/140L DYNAMIC	1499	2
HOIST TRALIFT 5T/3 M	1487	6
HOSE-PIPE	1350	1
GLASS WOOL ALUMINUM EDGE	1326,44	25
ADVANCE PAYMENT	1290	1
TURBO COMPRESSOR 952	1250	1
STICKERS FOIL	1165	2
SCREEN PPS	1112,4	1
COMPRESSOR RT-AC 400/100/10 D	1110	5
LIQUID OIL M16D	1110	1
BRUSHCUTTER MTD 48PO	1064,15	23
ACCUMULATOR 12V 90AH 740A -12/90R DYNAMIC	960	1
ACCUMULATOR 12V 45AH 410A -12/45R FORMULA	859	3
ACCUMULATOR WINMAXX PREMIUM 12V 62 AH	851,88	6
ACCUMULATOR WINMAXX PREMIUM 12V 75 AH	826,23	10
HOSE-PIPE 17/0.30/2L/H	817,5	9
	815,83	7
	772,16	35

## 2.5. Covariance matrix of sales over 100 lv.

The covariance matrix for sales over 100 lv. shows that there is a relationship between the sold accumulators and tillers, and the other items associated with the them. These relationships are marked as shadows in Figure 5.

	CANDLE OREGON	030 CLUTCH COVER	040 DISK	090 CLUTCH DISK 80 MTZ	1400 TIP GREASE	1102
CANDLE OREGON	0,176230375	8,50310231	14,66819648	-0,017682209	-0,006336707	
030 CLUTCH COVER	-0,007286049	8,50310231	4,783107549	-0,021432981	-0,006523081	
040 DISK	-0,005464537	6,377476732	4,783107549	44,98246932	-0,002460133	
090 CLUTCH DISK 80 MTZ	-0,016757912	19,55759531	14,66819648	44,98246932	0,870738157	
10642 SCREW ALLEN M4X40 30.9	-0,002931536	-0,009318687	-0,00698902	-0,021432981	0,870738157	
11023 PIN VALVE 4.5X42	0,018731779	-0,007687917	-0,00576594	-0,017682209	-0,002460133	
113 SHAFT	-0,005100234	5,952311617	4,464233713	13,69031672	-0,006523081	
80 COUPLING	-0,004954513	5,782245571	4,336684178	13,29916481	-0,006336707	
20L94E CHAIN 15 - 325 - 1.3MM	-0,016029907	-0,064065976	-0,04804948	-0,147351746	-0,020501112	
20L972E CHAIN 18 - 325 - 1.3MM	-0,003497303	-0,013978031	-0,01048352	-0,032149472	-0,00447297	
21L94E CHAIN 15 - 325 - 1.5MM	-0,022586751	-0,090274785	-0,06770609	-0,207632005	-0,028887931	
21L972E CHAIN 18 - 325 - 1.5MM	-0,003497303	-0,013978031	-0,01048352	-0,032149472	-0,00447297	
22L932E CHAIN 15 - 325 - 1.6MM	-0,008743259	-0,034945078	-0,02620881	-0,080373679	-0,011182425	

Fig. 5. Covariance matrix for sales over 100 lv.

Table 7 shows the list of the items with biggest number of positive correlation with other items. It clearly shows relations between different spare parts used in fleet management.

Table 7. Items with biggest number of positive correlations with other items

Battery monbat - 12 v 62ah formula	Battery monbat - 12v 100ah 780a - 12/100r formula	Battery monbat - 12v 185ah 1350a - 12/185l dynamic	Battery monbat 12 v 75ah 670a 12/75r formula	Water pump m150 yamz
Battery monbat - 12 v 70ah 610a - 12/70r dynamic	Battery monbat - 12v 140ah 1000a - 12/140l dynamic	Battery monbat - 12v 120 ah 800 a -12/120r formula	Battery vega 12v 90ah jis	Air compressor r150 yamz
Battery monbat - 12v 185ah 1350a - 12/185l dynamic	Battery vega 12v 90ah jis	Battery winmaxx premium 12v 62 ah	Battery winmaxx premium 12v 62 ah	Front tire 8.25 - 15 /vida/ pr10
Battery monbat - 12v 90ah 740a - 12/90r dynamic	Battery Bosch 12/74	Battery winmaxx premium 12v 100 ah	Chainsaw einhell rg-ec 2240	Front tire 8.25 - 15 /vida/ pr14
Battery monbat 12v 100ah jis formula	Rear hub mtz 80	Front tire 8.25 - 15 /vida/ pr14	Eclectic mover 3210 1000 w - 32 c	clutch disk kit mtz-952
Battery winmaxx premium 12v 100 ah	Beam ns mtz 952	grass-cutter 1.5 m	Valve for trailer	Water radiator
Cutting machine pps	Flywheel Belarus 952	Minimotoblock cld-to2 50cm		Starter 12v iumz
chainsaw 41 cm petrov	chainsaw einhell rpc 3835	Flywheel Belarus 952	Mower mtd 48po	Starter Perkins
Water pump t 150 yamz	Chainsaw einhell rpc 4640	Mower Petrov	Pomp 4sdm 6*16-30m.	Stepper 12v mtz
air compressor t 150 yamz	Stepper 12v iumz	Mower 395po	Tiller fpeza 7 h.p. 100 with 3 gears	Stepper 12v iumz
Front tire гума 8.25 - 15 /vida/ pr10	Stepper 24v Megatron mtz	Motor sprayer Petrov 5 h.p.	Electric brush cutter wolf garten hs40e 400w 40 cm	Stepper 24v Megatron mtz
		Tiller Viki Petrov		Turbocharger 952

### 3. Conclusion

This research illustrates the application of statistical calculations by means to identify inexplicit relations between the usages of spare parts for fleet management. It has evaluated the positive correlations between all spare parts. The amount of the correlations identifies strong or weak relations between the usages of sets of spare parts. The derivation of such inexplicit relation benefits the processes of planning and exploitation of the fleet management. The direct outcome of such inexplicit relations concerns minimization of exploitation expenditure and optimizes the storage capacities of spare parts.

In the course of the study the initially stated hypothesis was confirmed. The results show that there are relationships between different items that were intensively used.

### REFERENCES

1. Ecklund, P., *A Beginning Guide to the Excel 2007 Pivot Table*, available at <https://faculty.fuqua.duke.edu/~pecklund/ExcelReview/An%20Introduction%20to%20the%202007%20Pivot%20Table.pdf>, 2008, p.1
2. Mihaylov, D., *Excel 2010*, chapter “Pivot table”, pp. 181-210, Nova zvezda, Sofia, 2010 [in Bulgarian]
3. Palosay, S. W., I. S. Markham, S. E. Markham. *Utilizing and teaching data tools in Excel for exploratory analysis*, Journal of Business Research, vol.63, 2010, No 2, pp. 191-206
4. Peetersen, K. B., M. S. Pedersen *The Matrix Cookbook*, available at [http://www.mit.edu/~wingated/stuff\\_i\\_use/matrix\\_cookbook.pdf](http://www.mit.edu/~wingated/stuff_i_use/matrix_cookbook.pdf), 2006, pp.25- 30
5. Variance-Covariance Matrix. <http://stattrek.com/matrix-algebra/covariance-matrix.aspx>, accessed on October 30, 2014

### Contacts:

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia 1113, Acad. G. Bonchev str., bl.2, tel. +359 2 979 27 74  
E-mail: sdimitrov@hsi.iccs.bas.bg  
E-mail: dani\_boneva@yahoo.com  
E-mail: todor@hsi.iccs.bas.bg  
E-mail: k.stoilova@hsi.iccs.bas.bg

**Acknowledgement:** This work is partly supported by projects AComIn “Advanced Computing for Innovation”, grant 316087, funded by the European Commission in FP7 Capacity REGPOT Programme and BG161PO003-1.1.06-0023-C0001 with the Ministry of economy, energy and tourism, Bulgarian Small and Medium Enterprises Promotion Agency.





## СИМУЛАЦИОНЕН МОДЕЛ НА ДИНАМИКАТА НА ПОЛЕТА НА САМОЛЕТ СЪС СЪЧЛЕНЕНО КРИЛО

ЙОРДАН ХАДЖИЕВ

**Резюме:** В доклада се разглежда симулационен модел на безпилотен летателен апарат със съчленено крило. Накратко е описан математичния модел на динамиката на полета на изследвания самолет. Този математичен модел е използван за създаването на симулационен модел в средата Simulink на MATLAB. Използваните аеродинамични коефициенти в модела са пресметнати по метода на дискретните вихри. Представени са резултати от извършени изследвания със създадения симулационен модел.

**Ключови думи:** динамика на полета, математичен модел, симулация, matlab, simulink, безпилотни летателни апарати, съчленено крило

## SIMULATION MODEL OF THE FLIGHT DYNAMICS OF JOINED WING AIRCRAFT

YORDAN HADZHIEV

**Abstract:** In the present paper is described the simulation model of joined wing aircraft. The mathematical model of the flight dynamics of the researched aircraft is briefly described. This mathematical model is used for creating a simulation model in the Simulink environment of MATLAB. The aerodynamic coefficients for the model are calculated using a vortex lattice computational method. Results from research with the simulation model are presented in this paper.

**Key words:** flight dynamics, mathematical model, simulation, matlab, simulink, unmanned aerial vehicle, joined wing

### 1. Въведение

За изпълнението на проект №142ПД0025-24 от НИС при ТУ-София - „Изследвания за реализация на автономен полет на безпилотен летателен апарат със съчленено крило” е предвидено да се извършат експериментални полети на самолет със съчленено крило. Общоприета практика е преди да се пристъпи към действителни полетни изпитвания, въпросният летателен апарат да бъде физично и/или математично изследван. Една от възможностите за математично изследване е чрез компютърни симулации в математично моделирана среда. Тези симулации дават възможност да се решат редица въпроси,

важни за успешното извършване на полетните изпитвания, като например да се подберат съответните параметри на органите за управление, да се изпита самолета при смутено движение и т.н. С тази цел е създаден математичен модел на самолет със съчленено крило, който е описан в този доклад.

### 2. Математичен модел

За да симулираме движението на летателен апарат със съчленено крило са използвани уравненията за движение на самолет с шест степени на свобода. Математичния модел на динамиката на полета на самолета е реализиран в средата Simulink на MATLAB.

Аеродинамичните коефициенти на изследвания самолет са пресметнати с продукта AVL по метода на дискретните вихри [1]. Коефициентът на челно съпротивление при нулева подемна сила  $C_{D0}$  е зададен предварително в AVL, а продукта изчислява индуктивното съпротивление по метода на дискретните вихри. Коефициентът на челно съпротивление при нулева подемна сила за конкретния самолет със съчленено крило е изчислен по методика, описана в [2].

Пространственото движение на летателния апарат може да се опише със следната система диференциални уравнения [3] (работи се със означения по ISO 1151 [4, 5]):

$$\begin{aligned} \frac{d\alpha}{dt} &= q - \frac{L}{mV} - \frac{dV}{dt} \frac{1}{V} \sin \alpha + \beta(r \sin \alpha - p \cos \alpha) + \frac{g}{V} (\cos \Theta \cos \Phi + \sin \alpha \sin \Theta) \\ \frac{d\beta}{dt} &= \frac{Y}{mV} - \frac{dV}{dt} \frac{1}{V} \beta + p \sin \alpha + r \cos \alpha + \frac{g}{V} \left[ \cos \Theta \sin \gamma - \beta \left( \frac{\cos \Theta \cos \gamma \sin \alpha - \sin \Theta \cos \alpha}{\sin \Theta \cos \alpha} \right) \right] \\ \frac{dp}{dt} &= \frac{I_z - I_y}{I_x} r q + \frac{L^A}{I_x} \\ \frac{dr}{dt} &= \frac{I_y - I_x}{I_z} q p + \frac{N^A}{I_z} \\ \frac{dq}{dt} &= \frac{I_x - I_z}{I_y} p r + \frac{M^A}{I_y} \\ \frac{d\Theta}{dt} &= q \cos \gamma + r \sin \gamma \\ \frac{d\gamma}{dt} &= p - \tan(\gamma) (r \cos \gamma - q \sin \gamma) \\ \frac{d\Psi}{dt} &= \frac{r \cos \gamma - q \sin \gamma}{\cos \Theta} \\ \frac{dH}{dt} &= V \sin(\Theta - \alpha) \end{aligned} \quad (1)$$

За аеродинамичните сили и моменти влизащи в системата (1) можем да запишем:

$$D = C_D \frac{\rho V^2}{2} S \quad (2)$$

$$L = C_L \frac{\rho V^2}{2} S \quad (3)$$

$$Y = C_Y \frac{\rho V^2}{2} S \quad (4)$$

$$L^A = c_l \frac{\rho V^2}{2} S l \quad (5)$$

$$N^A = c_n \frac{\rho V^2}{2} S l \quad (6)$$

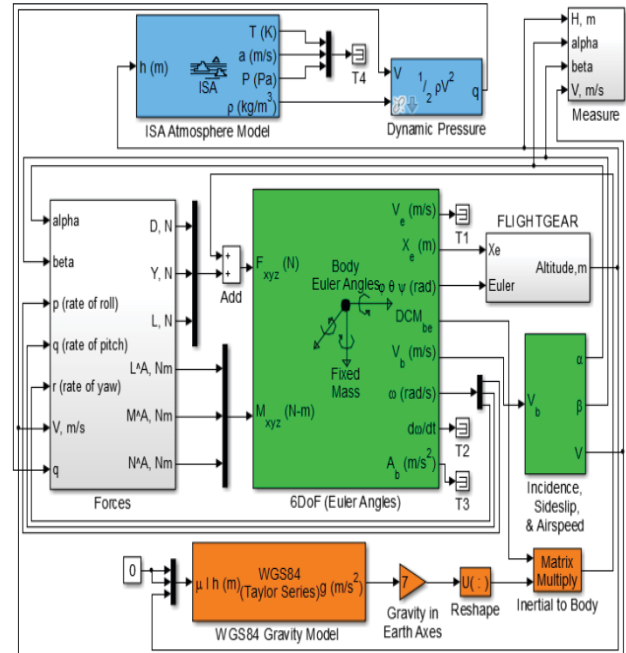
$$M^A = c_m \frac{\rho V^2}{2} S b_A \quad (7)$$

За коефициентите на аеродинамичните сили и моменти са в сила следните зависимости [6]:

$$\begin{aligned} C_D &= C_{D0} + A(C_{L\alpha} \alpha)^2 \\ C_L &= C_{L0} + C_{L\alpha} \alpha + C_{L\delta_{elev}} \delta_{elev} + C_{L\delta_{fl}} \delta_{fl} \\ C_Y &= C_{Y\beta} \beta + C_{Y\delta_{rudd}} \delta_{rudd} \\ c_l &= c_{l\beta} \beta + c_{l\delta_{ail}} \delta_{ail} + c_{l\delta_{rudd}} \delta_{rudd} + c_{l_p} p + c_{l_R} r \\ c_n &= c_{n\beta} \beta + c_{n\delta_{rudd}} \delta_{rudd} + c_{n_R} r + c_{n_p} p \\ c_m &= c_{m\alpha} \alpha + c_{m\delta_{elev}} \delta_{elev} + c_{m\delta_{fl}} \delta_{fl} + c_{m_Q} q \end{aligned} \quad (8)$$

### 3. Симулационен модел

На Фиг. 1. е представен Simulink модела на динамиката на полета на самолет със съчленено крило.

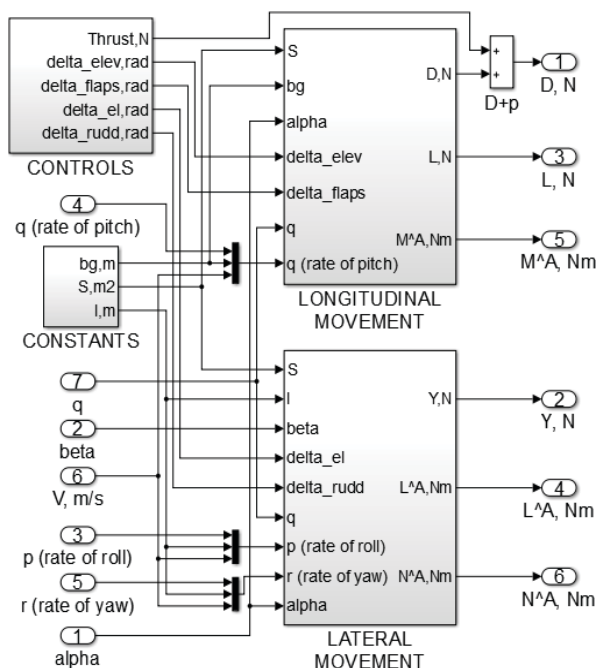


Фиг. 1. Симулационен модел на самолет със съчленено крило в MATLAB

Състои се от пет основни блока, които преобразуват входящите сигнали по зададени формули и ги превръщат в желаните изходни

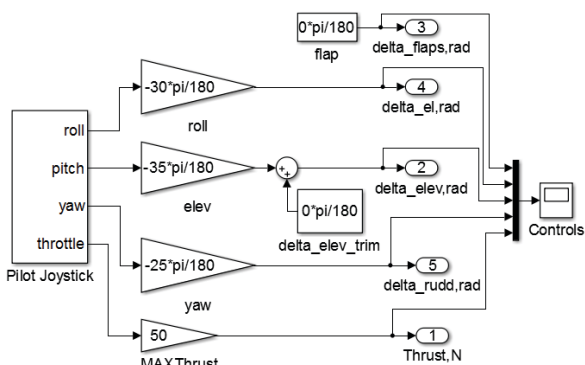
сигнали необходими за симулация на полета при пространственото движение на самолета.

В блока “Forces” (Фиг. 1., Фиг. 2.) пресмятаме силите и моментите, които действат на летателния апарат по математичния модел (1).



Фиг. 2. Блок “Forces” на симулационния модел

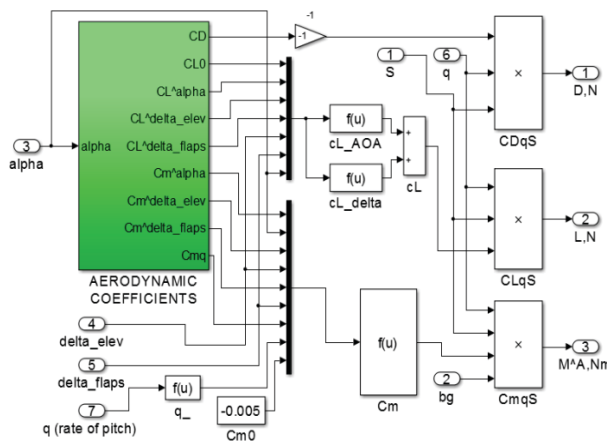
В този блок се съдържат три основни подблока – “Controls”, “Longitudinal movement”, и „Lateral movement”. В блока “Controls”(Фиг. 3.) се извършва управление на модела с джойстик, както и възможност за тримуване на управляващите сигнали по крен, тангаж, рискание и тяга (roll, pitch, yaw, throttle).



Фиг. 3. Блок “Controls” на симулационния модел

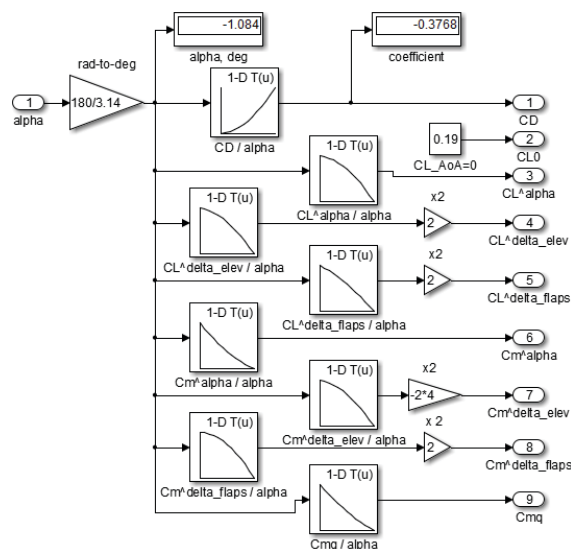
В блока “Longitudinal movement” (Фиг. 4.) се извършва пресмятането на надлъжното движение на самолета. Входни сигнали в този блок са аеродинамичните коефициенти на самолета, геометричните му характеристики,

Ъгъла на атака, надлъжната ъглова скорост, динамичното налягане и управляващите сигнали на кормилото за височина и клапите. Изходните сигнали са силата на челно съпротивление  $D$ , подемната сила  $L$  и надлъжния момент  $M^A$ . За изчислението на тези сили и моменти използваме формулите от математичния модел в точка 2.



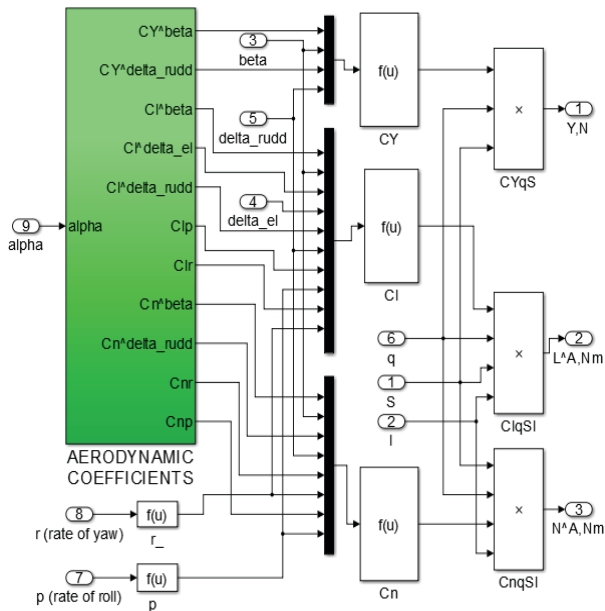
Фиг. 4. Блок “Longitudinal movement” на симулационния модел

Аеродинамичните коефициенти на конкретния летателен апарат JoWi-2 са пресметнати по метода на дискретните вихри при различни ъгли на атака:  $\alpha = -2^0 \div 10^0$ . Посредством Simulink блок от типа “Lookup Table” коефициентите в блока “Aerodynamic coefficients” (Фиг. 5.) са въведени таблично със съответните им стойности при различните ъгли на атака. Така входния сигнал ( $\alpha$ ) определя какви да бъдат изходящите стойности на аеродинамичните коефициенти. Това допринася за нелинейността на модела.



Фиг. 5. Аеродинамични коефициенти за надлъжното движение на самолета

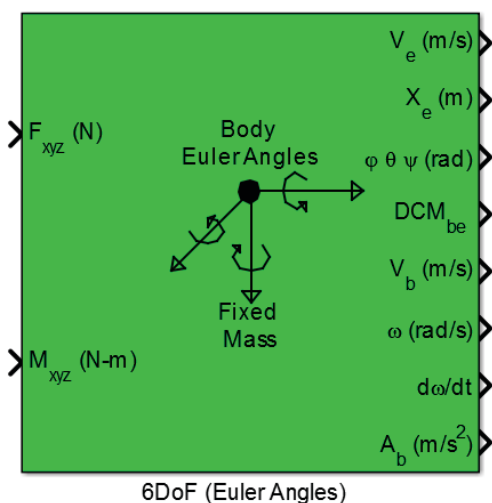
По аналогичен начин е моделирано и страничното движение на летателния апарат в блока "Lateral movement" (Фиг. 6.). Входни сигнали са аеродинамичните коефициенти на самолета, геометричните му характеристики, ъгъла на атака, ъгъла на плъзгане, напречната и попътната ъглова скорост, динамичното налягане и управляващите сигнали на кормилото за направление и елероните. Изходни



Фиг. 6. Блок "Lateral movement"

сигнали са страничната сила  $Y$ , напречния момент  $L^A$  и попътния момент  $N^A$ .

Изходните сили и моменти от блока "Forces" постъпват в блок "6DoF" (Фиг. 7.), който представя движението на тяло с шест степени на свобода в свързаната координатна система, изразено чрез уравненията на Ойлер.



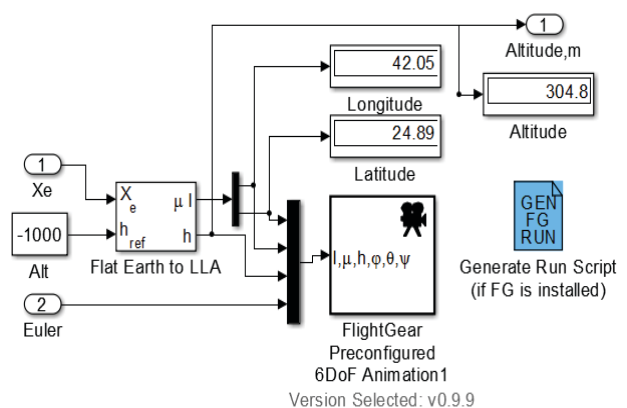
Фиг. 7. Блок "6DoF" на симулационния модел

Изходните сигнали от блока 6DoF, които се използват за модела са:

- $X_e$  - положението на самолета спрямо земната координатна система
- $\varphi, \theta, \psi$  (rad), представят движението по крен, тангаж и рискание в радиани
- $DCM_{be}$  - извършва преобразуването на координатите от земна координатна система в свързана координатна система
- $V_b$  - вектор на скоростта в свързаната координатна система, който разбиваме на изходни сигнали за ъгъл на атака, ъгъл на плъзгане и скаларна величина на скоростта посредством блока „Incidence, Sideslip, & Airspeed“
- $\omega$  - ъгловата скорост в свързаната координатна система, измервана в rad/s

Гравитационния и атмосферния модел, които са използвани са стандартни блокове от Simulink на MATLAB [7]. Чрез тях изчисляваме силата на земното притегляне и динамичното налягане в зависимост от височината на летателния апарат.

За визуализиране на симулациите използваме продукта FlightGear. От блока "6DoF" в блока "Flat Earth to LLA" (Фиг. 8.) постъпват сигнали за положението на самолета спрямо земната координатна система, чрез които се изчисляват височината и географските координати на самолета. Тези координати, както и ойлеровите ъгли на движението на самолета постъпват в блока за връзка между Matlab и FlightGear, който изпраща данни към продукта за визуализация на полета.



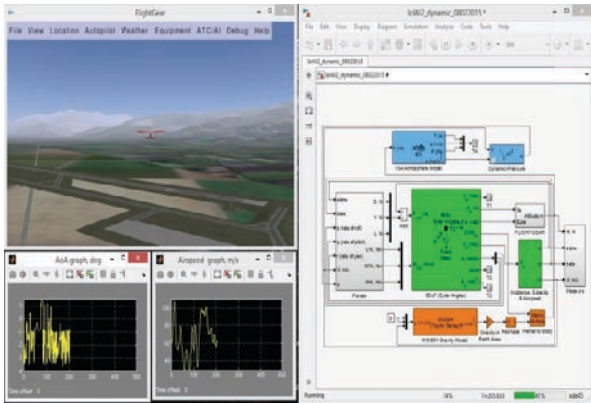
Фиг. 8. Блок "FlightGear" на симулационния модел

#### 4. Изследване на динамиката на полета на JoWi-2 със симулационния модел

С гореописания симулационен модел са проведени няколко експериментални полета за да се изследва устойчивостта и управляемостта

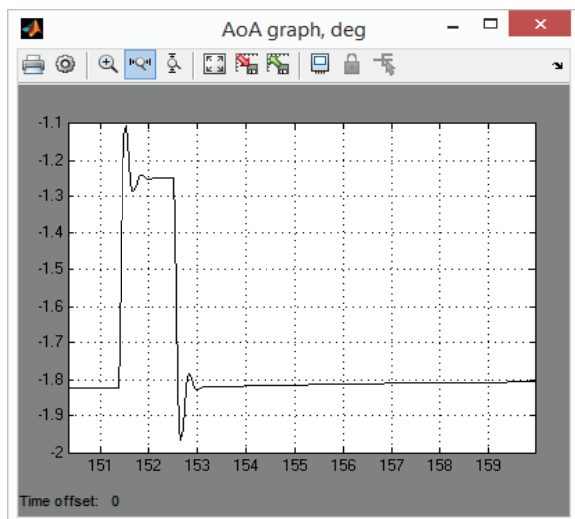


на описания в математичния модел самолет със съчленено крило JoWi-2. За визуално възпроизвеждане на експериментите е използван продукта FlightGear (Фиг. 9.)



Фиг. 9. Визуализиране на полета с FlightGear

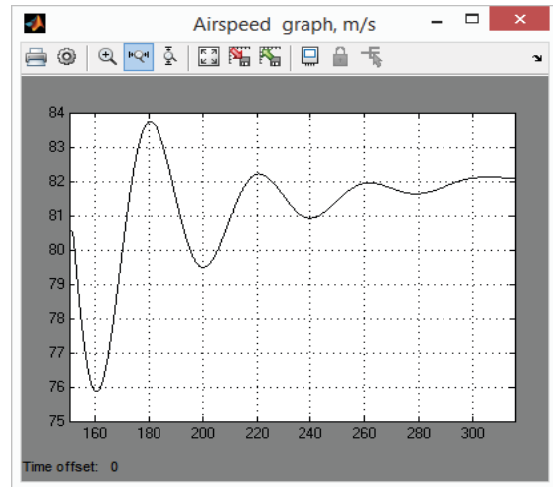
При първия експериментален полет е изследвано надлъжното смутено движение на летателния апарат със съчленено крило. Самолета е изведен на нужната височина и управлението е тримувано до постигане на устойчив хоризонтален полет. В определен момент е подаден сигнал за отклонение на кормилото за височина на ъгъл  $\delta_{elev} = 5^0$  за период  $T = 1$  sec, след което се преустановява управлението и самолета заема равновесно положение поради собствената си устойчивост. Изменението на ъгъла на атака  $\alpha$  след тази намеса е показан на Фиг. 10., а изменението на въздушната скорост на Фиг.11.



Фиг. 10. Изменение на ъгъла на атака при 50 отклонение на кормилото за височина за 1 sec

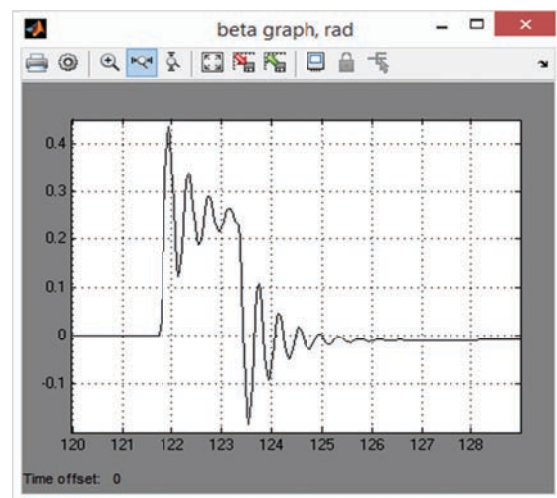
Вижда се, че самолета поддържа отрицателни ъгли на атака. Това се дължи на

високата скорост на полета, която е около 80 m/s. За избрания за самолета крилен профил тези ъгли на атака са нормални при тези скорости.

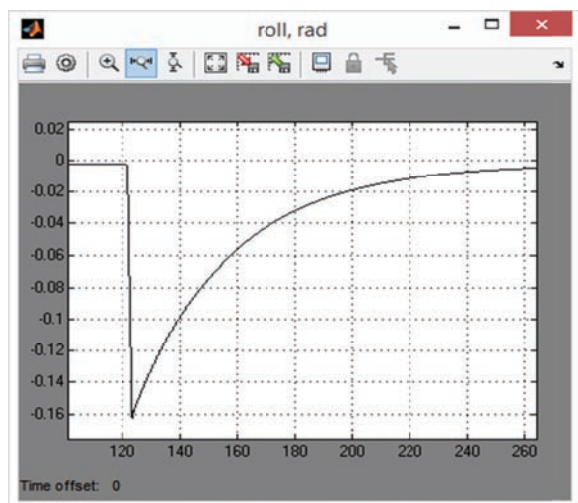


Фиг. 11. Изменение на въздушната скорост при  $5^0$  отклонение на кормилото за височина за 1 sec

При втория експериментален полет е изследвано страничното смутено движение на летателния апарат. Отново, самолета е изведен до необходимата височина и управлението е тримувано до постигане на устойчив хоризонтален полет. След това е подаден сигнал за отклонение на кормилото за направление на ъгъл  $\delta_{rudd} = 5^0$  за период  $T = 1$  sec. Преустановява се управлението и самолета заема равновесно положение поради собствената си устойчивост. На Фиг. 12. е показано изменението на ъгъла на плъзгане  $\beta$ , а изменението на ъгъла на напречния наклон е показано на Фиг. 13.



Фиг. 12. Изменение на ъгъла на плъзгане при  $5^0$  отклонение на кормилото за направление за 1 sec



**Фиг. 13.** Изменение на ъгъла на напречния наклон при  $5^{\circ}$  отклонение на кормилото за направление за 1 sec

### 5. Заключение

От направените експериментални изследвания може да се заключи че безпилотния самолет JoWi-2 е устойчив при надлъжно смутено движение, както и при странично смутено движение. Данните от графиките ще бъдат използвани за определяне на характеристиките на устойчивост и управляемост на самолета в по-нататъшната работа на докторанта.

Така създадения симулационен модел дава задоволителни резултати за устойчивостта и управляемостта на летателния апарат и ще послужи за бъдещи изследвания и изучаване на аеродинамичната схема съчленено крило.

### 6. Благодарности

Авторът изказва благодарности за финансирането на проект №142ПД0025-24 от НИС при ТУ-София, по който са извършени изследванията.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Панайотов, Х. Хаджиев, Й. (2011). Изследване на аеродинамиката на безпилотен самолет за реализация на автономен полет. *BulTrans-2011*, Созопол.
2. Панайотов, Х. (2007). Методика за определяне на аеродинамичните характеристики на съчленено крило при предварителното проектиране на безпилотни летателни апарати, Дисертация, Пловдив.
3. Маджаров, М.И. (2000). *Динамика на полета. Устойчивост и управляемост на летателните апарати*. Издателство Актив комерс, София.
4. Зафиров, Д. И. (2014). *Проектиране на летателните апарати (Концептуален подход)*. Автоспектър, Пловдив.
5. Панайотов Х. П., Зафиров, Д. И. (2014). *Ръководство за курсово проектиране на летателни апарати*. Автоспектър, Пловдив.
6. Гешев, Д.Н. (2002). *Аеродинамика на летателните апарати*. Издателство „Кинг-2001“, София.
7. <http://www.mathworks.com/help/simulink/index.html>, © 1994-2015 The MathWorks, Inc.

Department of Transport and Aircraft  
Equipment and Technologies  
Technical University–Sofia, Branch Plovdiv  
25 Tsanko Dyustabanov St.  
4000 Plovdiv  
BULGARIA  
E-mail: [yordan.hadzhiev@big97.com](mailto:yordan.hadzhiev@big97.com)



## СКРИНИНГ НА ПРОЕКТНИТЕ ПАРАМЕТРИ НА СЪЧЛЕНЕНИ КРИЛА ПРИ НИСКИ ЧИСЛА НА РЕЙНОЛДС

ПЛАМЕН РОГЛЕВ

**Резюме:** Извършен е скрининг по метода на Морис на зависимостта на аеродинамичното качество на самолет със съчленено крило от характерните за типа геометрични параметри на крилата. Цифровият анализ се извършва с програма XFLR5 работеща по метода на дискретните вихри, използваща като вграден модул програмата XFOIL за определяне на профилното съпротивление. Изводите от изследванията могат да се използват за целите на моделирането и оптимизацията при проектирането на самолети със съчленено крило.

**Ключови думи:** съчленено крило, аеродинамично качество

## SCREENING OF THE BOX WING/JOINED WING DESIGN PARAMETERS AT LOW REYNOLDS NUMBERS

PLAMEN ROGLEV

**Abstract:** A screening by the Morris method of the dependency of the lift/drag ratio for box wing/joined wing aircraft from the geometric parameters characteristic for the type is performed. The numerical analysis is carried out with the XFLR5 software utilizing the VLM and embedded XFOIL code for the determination of profile drag. The results of the investigation might be used for the box wing/ joined-wing aircraft modeling and design optimization.

**Key words:** box wing, joined wing, lift/drag ratio

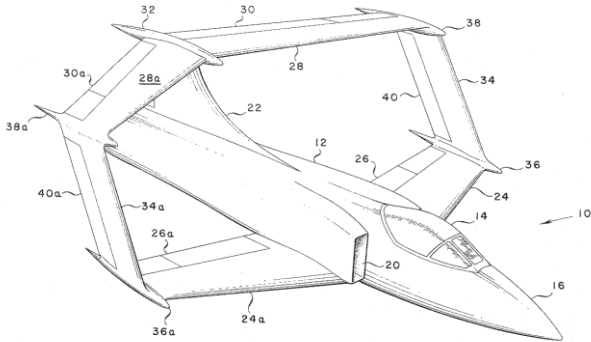
### 1. Въведение

Безпилотните самолети с излетна маса от 3 до 10 кг намират все по-голямо приложение, както за военни, така и за граждански цели. В търсене на конкурентни преимущества се експериментира с нови аеродинамични и конструктивни схеми за постигане на съществен напредък за ефективността на използването им.

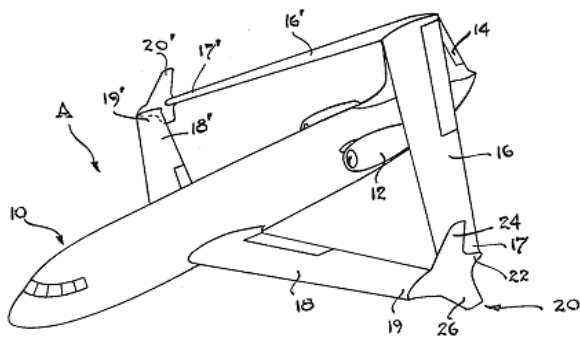
Една от обещаващите конструктивни схеми е тази на апаратите със съчленено крило. Тя предлага предимства, които могат да допринесат както за увеличаване на аеродинамичните и якостните характеристики,

така и за повишаване на маневреността на самолетите. Перспективността на тази схема се потвърждава от факта, че редица институти от водещи авиационни държави извършват изследвания върху приложението и както при безпилотни, така и при транспортни самолети. В англоезичната литература съчлененото крило е известно под две различни наименования - Box Wing (Патентован от Luis Miranda от Lockheed Aircraft Corporation през 1974г., Фиг. 1)[1]– когато съчленяването на предното и задното крило става с вертикални плоскости и между техните краища има вертикално и хоризонтално разстояние и Joined Wing (Патентован от Julian

Wolkovitch от NASA през 1982г., Фиг. 2)[2]– когато предното и задното крило се съединяват непосредствено едно с друго или с помощта на допълнителни елементи, но между краищата им няма вертикално разстояние. Ние приемаме, че терминът „съчленено крило” включва и двата варианта, като Joined Wing представлява Box Wing с нулева височина на съединителните плоскости.[3]



Фиг. 1. Общ вид на патентования от Miranda самолет.



Фиг. 2. Общ вид на патентования от Wolkovitch самолет

Изобретението на Miranda се базира на теорията на Max Munk и Ludwig Prandtl за най-добра система крила (Best Wing System) прилагайки тяхната теория за индуктивното съпротивление. За разлика от предлаганата от тях бипланна схема, тук крилата са стреловидни и са разнесени по дължината на самолета (предното крило е с положителна, а задното крило с отрицателна стреловидност), като по този начин се постигат две допълнителни предимства :

-крилата осигуряват необходимата надлъжна устойчивост и управляемост на самолета, без да е необходим хоризонтален стабилизатор;

-намалява се вълновото съпротивление

Изобретателят използва теоремата на Munk, според която индуктивното

съпротивление не зависи от отстъпа на крилата. Намаляването на индуктивното съпротивление е функция на отношението на височината между двете крила и разпереността.

Може да се каже, че докато при Box Wing варианта на Miranda на челно място са поставени аеродинамичните свойства, при Joined Wing на Wolkovitch якостните характеристики са водещи. Очевидно е, че кутиеобразното и съчленено крило са в две различни крайни конструктивни точки и изборът на оптималните ъгли на стреловидност и напречна V-образност на предното и задното крило ще зависи от мисията на ЛА. Заедно с това опитът от създаването на експериментални самолети показва, че съчлененото крило има редица особености, и че очакваните предимства не се реализират автоматично. Характерни за схемата съчленено крило са големият брой варианти за нейното прилагане – различни комбинации от начин на свързване на крилата, тяхното взаимно разположение, ъгли на стреловидност и напречна V-образност.

Реализирането на предимствата на съчлененото крило е възможно само чрез прилагането на мултидисциплинарна оптимизация при проектирането им. Моделирането и анализът на зависимостите на основните аеродинамични харатеристики се затруднява от големият брой геометрични параметри, характерни за тази схема. Съществуват множество изследвания [4], [5], но основната част от тях са посветени на отделни конкретни варианти на реализация. Целта на тази работа е да се извърши скрининг на влиянието върху аеродинамичното качество от характерните за съчлененото крило геометрични параметри, като се определят тези, които имат съществено влияние.

## 2. Основни геометрични параметри на самолет със съчленено крило

Прието е крилата при самолетите със съчленено крило да се означават като предно и задно. За всяко от тях са характерни индивидуални геометрични параметри, които се използват за описание и при конвенционалната схема. За означаването на съответните параметри ще използваме долен индекс  $f$  за предното крило и  $g$  за задното крило.

Като система за целите на началните етапи на проектирането геометрията на съчлененото крило може да се опише със следните параметри:



$S = S_f + S_r$  - площ на крилото в план (сума от съответните площи на предното и задното крило);

$\Delta\varphi_0 = \varphi_{f0} - \varphi_{r0}$  - надлъжна V-образност – разлика между ъглите на поставяне на коренните хорди на предното и задното крило. Положителна е, когато предното крило е с по-голям ъгъл на поставяне от задното.

$$B = \frac{l_r}{l_f} \text{ - отношение на разпереностите}$$

на задното и предното крило;

$$\bar{S} = \frac{S_r}{S_f} \text{ - отношение на площите на}$$

задното и предното крило;

$$\lambda_{eq} = \frac{l_{ocn}^2}{S} \text{ - еквивалентно удължение}$$

( $l_{ocn} = \max(l_f, l_r)$ )

$Gp_0 = h_0/l_{ocn}$  - Отношение на височината между коренните хорди на предното и задното крило към разпереността. Има положителна стойност когато предното крило е разположено по-високо от задното.

$Gp_e = h_e/l_{ocn}$  - Отношение на височината между крайните хорди на предното и задното крило към разпереността.

$St = d/b_{eq}$  - Отношение на отстъпа между началата на СГХ на предното и задното крило към еквивалентната СГХ  $b_{eq} = S/l_{ocn}$

$St_0 = d_0/b_{eq}$  - Отношение на отстъпа между началата на коренните хорди на предното и задното крило към еквивалентната СГХ  $b_{eq}$

$\psi_f$  - Напр. V-образност на предното крило

$\chi_f$  - Стреловидност на предното крило

$\eta_f = b_{kf}/b_{of}$  - Стеснение на предното крило

$\eta_r = b_{kr}/b_{or}$  - Стеснение на задното крило

Допълнително се задават характеристиките на профилите на крилата.

При сравняването на различни концепции една от най-важните характеристики е максималното аеродинамично качество  $K_{max}$  за основният експлоатационен режим на ЛА.

### 3. Задача и метод на изследването

За целите на моделирането при оптимизацията е важно да се определят

параметрите, имащи влияние върху изходните характеристики. С други думи, да се определи „чувствителността“ към отделните проектни параметри. Затова скринингът на проектните параметри се отнася към методите за определяне на „глобалната чувствителност“. Методите за скрининг се базират на дискретизиране на входните параметри на нива, позволяващи бързо изследване на поведението на моделите. Те са адаптирани за голям брой параметри, когато не всички от тях влияят значително на изходните характеристики. Целта им е да се определят значимите параметри чрез малък брой симулации и така да се опрости създаването на моделите и да се намали влиянието на „проклятието на размерността“

Анализите на „глобалната чувствителност“ могат да се използват за анализи, имащи следните цели[6]:

-кои параметри са незначителни и могат да бъдат елиминирани от крайния модел

- кои параметри са с най-голямо влияние върху изменението на характеристиките

- кои параметри се нуждаят от допълнителни изследвания, за да се намали неточността на моделите

- кои параметри са най-силно корелирани с характеристиките

Най-често използваният метод за скрининг е методът на Морис.[7][8]. Той използва план на експеримента от типа “Един по един”(One at a Time), при които всеки параметър се променя индивидуално, при фиксирани стойности на останалите параметри. Състои се в дискретизиране на интервалите на вариране на входните параметри на определен брой нива. След това се съставя план на експеримента състоящ се  $r$  на брой изследвания на всеки параметър. Последователността и посоката на изменение на параметрите (обикновено наричани траектории) се избират на случаен принцип. Обикновено  $r = 4-10$ . Методът е икономичен по отношение на броя на необходимите експерименти  $n$ , който е равен на:

$$n = r(k+1) \tag{1}$$

$k$ -брой параметри;

Методът на Morris позволява да се класифицират параметрите на три групи:

-параметри, имащи пренебрежим ефект;

-параметри, имащи линеен и адитивен ефект;

-други; причината да се обединят параметрите, имащи нелинеен ефект или взаимозависимост с други параметри е, че те във всички случаи са от значение и изискват по-задълбочено изследване.

Методът на Morris прави само едно предположение – че моделите са детерминистични, което е валидно за повечето математически модели.

Методът на Morris се базира на елементарните ефекти на отделните параметри. Елементарният ефект  $d_i(\mathbf{x})$  на даден параметър  $x_i$  ( $i=1,2,\dots,k$ ); се определя като:

$$d_i(\mathbf{x}) = \frac{f(x_1, x_2, \dots, x_i + \Delta, \dots, x_k) - f(\mathbf{x})}{\Delta} \quad (2)$$

$$\Delta = \frac{p}{2(p-1)} \quad (3)$$

$p$ - брой нива(четно число);

Като индекси за влиянието на отделните параметри Морис използва следните индекси:

$\mu_i$  – средно аритметично на елементарните ефекти;

$\sigma_i$  – стандартно отклонение елементарните ефекти;

Ние ще използваме усъвършенствания метод на Морис при който се използва допълнителен индекс:

$\mu_i^*$  – средно аритметично на абсолютните стойности на елементарните ефекти:

$$\mu_i^* = \frac{1}{r} \sum_{j=1}^r |d_i(x_j)| \quad (4)$$

$\mu_i^*$  – е мярка за влиянието на  $i$ -ят входен параметър върху изходната характеристика;

$\sigma_i$  – е мярка за нелинейният ефект или взаимозависимостта с други параметри на  $i$ -ят входен параметър;

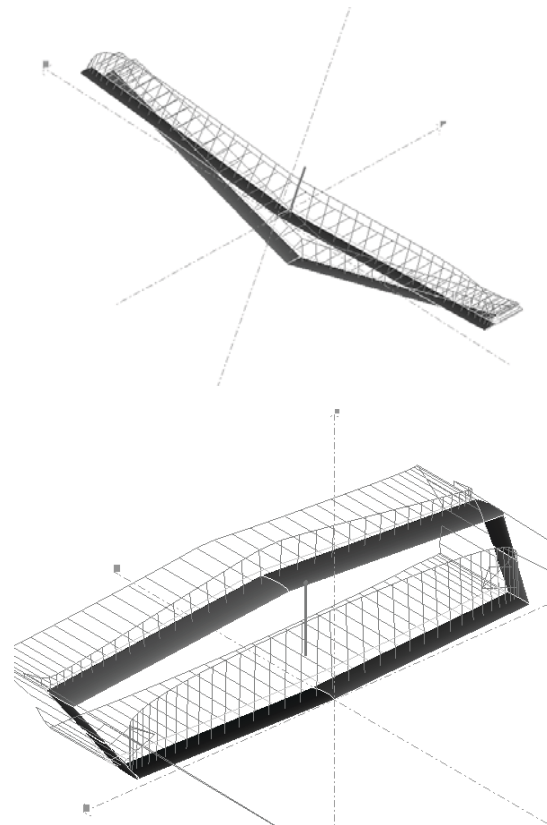
За целите на нашето изследване избираме  $r=4$  и  $p=4$ .

За съставянето на плана на експеримента е използван програмният пакет SAFE Toolbox for MatLab/Octave[9][10].

За изследването на основните аеродинамични характеристики на самолети със съчленено крило е неподходящо да се използва методът на суперпозицията, при който се определят характеристиките на отделните елементи и след това се изчисляват сумарните характеристики.

За тази схема е характерно силно взаимодействие между предното и задното крило които взаимно си влияят и изкривяват въздушния поток. Това определя необходимостта изследването да се извършва с числени методи като носещата система се моделира и изследва интегрално.

За целите на настоящото изследване анализът ще се извършва с програмата XFLR5[11] работеща по метода на дискретните вихри, използваща като вграден модул програмата XFOIL. Софтуерът позволява да се моделира съчленено крило и да се изчислят голяма част от аеродинамичните характеристики, които са от интерес за предварителното проектиране.



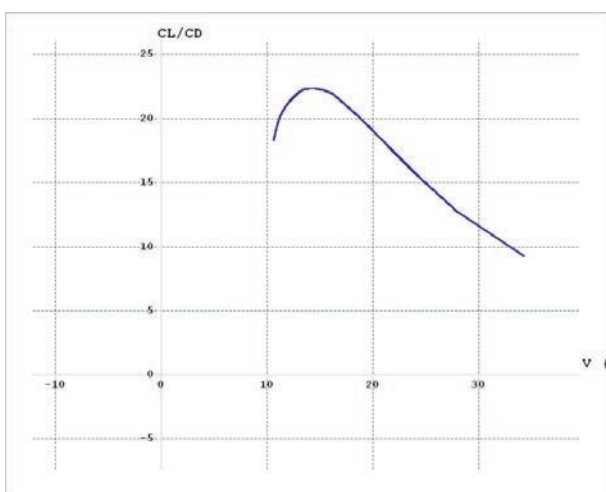
Фиг. 3. Два от изследваните модели в XFLR5

**Таблица 1.** Интервали на изменение на проектните параметри

Параметър	Минимална стойност	Максимална стойност
$\lambda_{eq}$	6	10
B	0,7	1,4
$Sr/Sf$	0,7	1,4
$Gp_0$	-0,4	0,4
$Gpe$	0	0,4
$St_0$	1	2
$\chi_f, \text{deg}$	0	30
$\psi_f, \text{deg}$	0	6
$\eta_f$	1	2
$c^*$	0,08	0,15
$\eta_r$	1	2

Общо са изследвани 48 случая с постоянна площ  $S=0,8 \text{ m}^2$ , постоянен отстъп между началата на СГХ на предното и задното крило и надлъжна V-образност, при числа на  $Re = 0,01 \dots 5 \cdot 10^5$ . Използван е метод за анализ, при който полярите се построяват при постоянна подъемна сила (при полетна маса равна на 5 kg)

Изследваните интервали на изменение на проектните параметри са показани в Табл. 1



**Фиг. 4.** Зависимост на аеродинамичното качество от скоростта при постоянна подъемна сила на един от изследваните модели в XFLR5



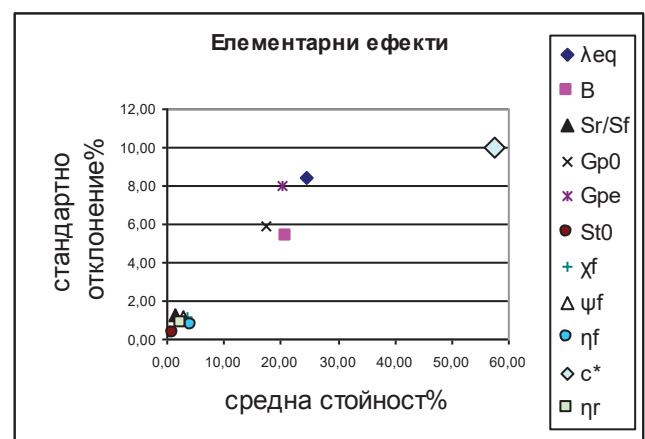
**Фиг. 5.** Зависимост на аеродинамичното качество от ъгъла на атака при постоянна подъемна сила на един от изследваните модели в XFLR5

#### 4. Резултати от изследването и заключение

При направените компютърни експерименти са получени стойности на аеродинамичното качество в интервала от  $K_{min}=20,5$  до  $K_{max}=27,83$  при средна аритметична стойност от  $K_m=24,47$ . Интервалът на изменение на аеродинамичното качество от  $\Delta K = K_{max} - K_{min} = 7,33$  представлява 30% от средната стойност  $K_m$ .

За по-голяма прегледност елементарните ефекти на отделните параметри са представени като проценти от  $\Delta K$ .

Резултатите от изследванията са показани в таблица 2 и графично на Фиг.6 .



**Фиг. 6.** Средно аритметично на абсолютните стойности и стандартно отклонение на елементарните ефекти на входните параметри;

Най-голямо влияние има относителната дебелина на профила на крилото  $c^*$ . Очевидно при тези стойности на  $Re$ , въпросът за избор на

**Таблица 2.**

EE%	$\lambda_{eq}$	B	$S_r/S_f$	$Gp_0$	$G_{pe}$	$St_0$	$\chi_f$	$\psi_f$	$\eta_f$	$c^*$	$\eta_r$
1	-7,64	-6,14	2,46	14,60	-4,64	-1,36	0,55	-1,77	2,73	-36,83	0,27
2	-7,37	-6,68	0,55	14,60	-5,73	-0,27	4,77	0,00	3,14	-47,07	0,55
3	24,83	-17,05	0,82	-13,78	32,47	-0,27	3,82	-1,77	2,18	-32,33	3,82
4	25,24	-26,19	6,00	3,82	11,19	-0,68	-0,27	3,96	2,86	-37,11	1,64
$\mu$	13,15	-21,03	3,68	7,21	12,48	-0,97	3,33	0,15	4,09	-57,50	2,35
$\mu^*$	24,40	21,03	3,68	17,55	20,26	0,97	3,53	2,81	4,09	57,50	2,35
$\sigma$	8,42	5,42	1,25	5,92	8,01	0,28	1,20	1,17	0,70	9,95	0,80

подходящ профил на крилото е от особена важност.

Следващи по важност са еквивалентното удължение, относителните височини в края и в корена на крилата и отношението на разпереностите. За тях високи стойности има и стандартното отклонение на елементарните ефекти, което сочи за нелинеен характер на зависимостта на аеродинамичното качество от тях, както и за наличието на взаимно влияние.

Чувствителността на К към останалите проектни параметри в изследваните интервали е ниска и следователно при началните етапи на проектирането, те могат да не се използват при моделирането на ЛА със съчленено крило.

Получените резултати могат да бъдат полезни за избор на параметрите използвани при моделиране и оптимизация при началните етапи на проектиране на самолети със съчленено крило.

## ЛИТЕРАТУРА

- Miranda L. (1974) *United States Patent 3,834,654*, Box-Wing Aircraft.
- Wolkovitch J. (1982) *US Patent 4365773*, Joined wing aircraft
- Zafirov D., (2014) Closed Wing Aircraft Classification, *International Journal of Engineering Research & Technology* Vol. 3 - Issue 1
- Панайотов Х., Зафиров Д. (2003) Изследване на аеродинамични характеристики на съчленено крило по метода на дискретните вихри, София
- Martínez M., Cuerno C. (2012) Preliminary Aerodynamic Investigation of an Unmanned Box Wing Aircraft, *ICAS 2012 Proceedings*
- Hamby D., (1994) A review of techniques for parameter sensitivity analysis of environmental models, *Environmental Monitoring and Assessment* 32: 135-154, Kluwer Academic Publishers
- Iooss B., Lemaitre, P., (2015) A review on global sensitivity analysis methods; C. Meloni and G. Dellino. *Uncertainty management in Simulation-Optimization of Complex Systems: Algorithms and Applications*, Springer,
- Morris M., (1991) Factorial Sampling Plans for Preliminary Computational Experiments, *Technometrics*, Vol. 33, No. 2. (May, 1991), pp. 161-174
- Pianosi F., Sarrazin F., Wagener T., (2014) Introduction to the SAFE Matlab Toolbox for Global Sensitivity Analysis, University of Bristol UK
- <http://www.bris.ac.uk/cabot/resources/safe-toolbox/>
- <http://www.xflr5.com/> - official site of XFLR5

Контакти :  
 Department of Aircraft and Transport  
 Equipment and Technologies  
 Technical University – Sofia, Branch  
 Plovdiv  
 25 Tsanko Diustabanov St.  
 E-mail: plroglev@mail.bg





## АЕРОДИНАМИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА МАЛЪК БЕЗПИЛОТЕН САМОЛЕТ С НОРМАЛНА АЕРОДИНАМИЧНА СХЕМА ДВУГРЕДОВА С П-ОБРАЗНО ОПАШНО ОПЕРЕНИЕ

АНГЕЛ ДАНАИЛОВ

**Резюме:** *Привеждат се аеродинамичните характеристики на малък безпилотен самолет (МБС) с нормална двугредова аеродинамична схема с П-образно опашно оперение (НАС ДГсПОО), определени чрез програмен продукт TORNADO. Получените резултати могат да бъдат използвани при избора на подходящ размер и разположение на крилото и хоризонтални и вертикални плоскости при проектирането на самолет този клас.*

**Ключови думи:** *аеродинамична схема, компоновка, безпилотен летателен апарат*

## AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF SMALL UAV – TWOBEM WITH U-TAIL HORIZONTAL AND VERTICAL SURFACES

ANGEL DANAILOV

**Abstract:** *Determinate aerodynamic characteristics of Analysis is carried out on aerodynamic scheme of uav with u-tail aerodynamic control surfaces, determinate by software TORNADO. This allows you to chose more suitable wing size, arrangement and horizontal and vertical surfaces of this class small UAV.*

**Key words:** *aerodynamic charactreristic, arrangement, UAV*

### 1. Основни положения

Изборът на аеродинамична схема (АС) е една от най-актуалните задачи на аеродинамичното проектиране на всеки летателен апарат (ЛА), в това число и на безпилотните летателни апарати (БЛА). Аеродинамичната схема на БЛА характеризира неговите геометрични и конструктивни особености и основно определя неговия облик. По същество, тя е основа за решаване на всички задачи, свързани с формирането на неговия облик, осигуряващ постигането на летателно-техническите и другите характеристики, съответстващи на изискванията на тактико-техническото задание.

Започвайки с етапа на концептуалното проектиране, проблемът с формирането на облика на БЛА е тясно свързан с осъвършенстването на методите на проектиране, което осигурява изпълнение на аеродинамичните и другите изисквания с помощта на математични модели, със следваща корекция на избраните параметри по резултатите от компоновъчното и конструкторско обвързване.

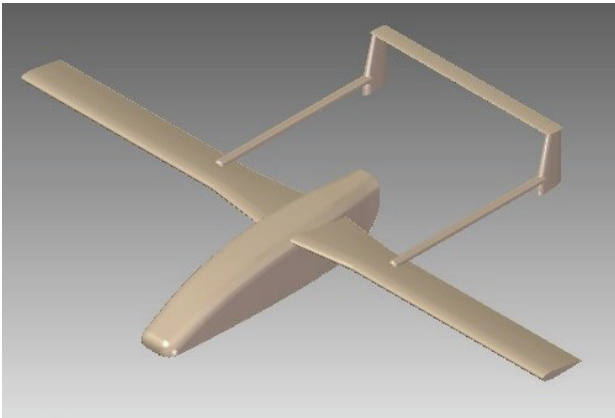
Подборът на формите и разположението на крилото, тялото, оперението и силовата установка по същество са формиране на геометрията на АС, която осигурява

необходимите за БЛА летателни, масови и експлоатационни характеристики.

В настоящия доклад се разглежда МБС с нормална аеродинамична схема – двугредова, с П-образно опашно оперение. Анализират се аеродинамичните характеристики на този ЛА, определени чрез числено пресмятане с програмен продукт Tornado. Резултатите от този анализ може да се използват при концептуалното му проектиране в условията на съществуващите ограничения.

## 2. Обект на изследването

Обектът на изследването е МБС с нормална АС с двугредово П-образно опашно оперение, летящ със скорост на полета  $V = 22$  m/s, съответстваща на  $M = 0,07$ . Кормилата за управление са неотклонени. Променливите параметри при изчисляването са удължението  $A$ , реципрочната стойност на стеснението  $\lambda$  и стреловидността  $\Delta$ .



*Фиг. 1. Нормална аеродинамична схема двугредова с П-образно опашно оперение*

## 3. Методика на изследването

Определянето на зависимостите на аеродинамичните характеристики от техните параметри се извършва само с програмния продукт Tornado. Той е разработен на базата на 3-D вихров метод, базиран на теорията на дискретните вихри, която е част от теорията за потенциалния поток. Въздушната струя, оставяна от всяка обтичана повърхност, е непостоянна и променя формата си в зависимост от условията на полета (на обтичане). Може да се използва за различни задачи, като например: определяне на силите, които действат на всеки панел; определяне на аеродинамичните коефициенти при зададени ъгъл на атака, ъгъл на плъзгане, ъгъл на отклонение на кормилото за височина и др.

За да бъде достъпна, програмата Tornado е създадена в средата Matlab и изисква поне

версия 5.3. Tornado работи на всички Matlab поддържащи платформи. Тя се използва при проектиране на самолети или за обучение. Поддържа множество варианти на крила: извити, заострени, изпъкнали, усукани и нестандартни, с или без ъгъл на V-образност. Могат да се използват неограничен брой крила, както и контролни повърхнини. Могат да се добавят предкрилки, задкрилки, елерони, хоризонтални и вертикални плоскости. Съществен недостатък на програмата е това, че не се отчитат триенето, ефектът на тялото, свиваемостта на въздуха, както и дебелината на носещите повърхности. Това налага допълнително да се пресмята съпротивлението от триене с използването на други методи, както и да се правят корекции за коефициента на надлъжния момент, създаван от тялото на самолета.

Tornado използва декартова координатна система, като оста  $OX$  е насочена по дължината на тялото на самолета в посока към опашката. Оста  $OY$  е успоредна на дясното полукрило, а оста  $OZ$  е перпендикулярна на осите  $OX$  и  $OY$  и е насочена нагоре.

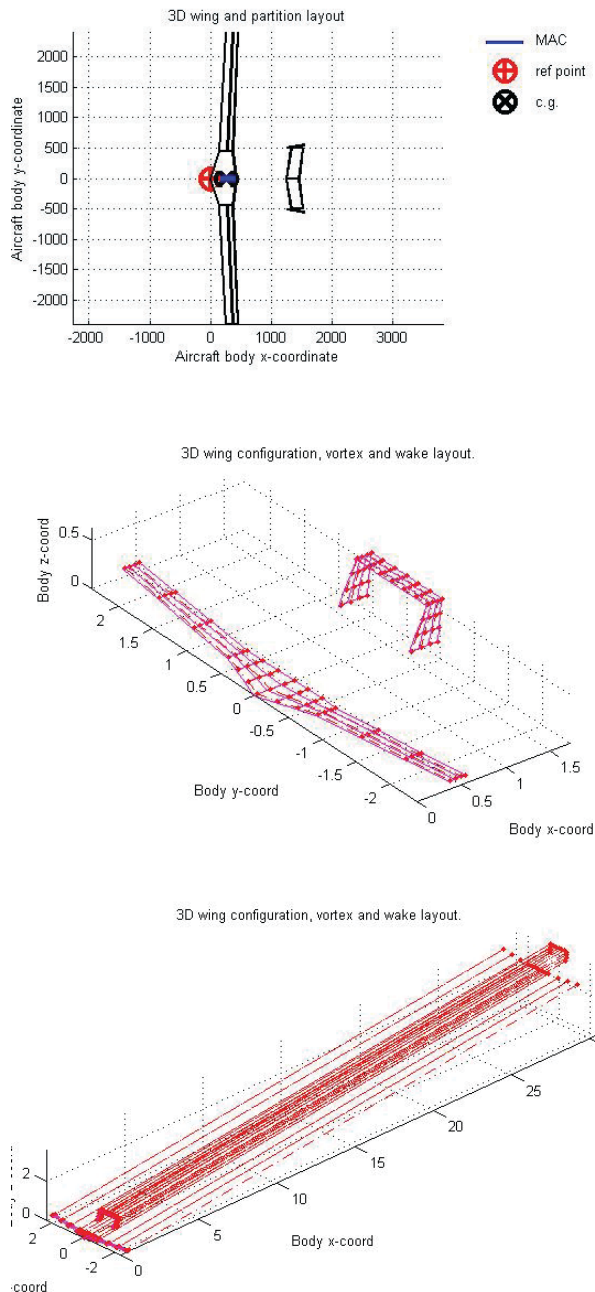
Програмата Tornado генерира и чертае 3 геометрични модела (фиг. 2).

Първият е двуизмерна проекция на крилата, дяловете и панелите. Тази фигура се чертае по координатите  $X-Y$ . Вторият модел е триизмерен. Третият модел показва и образуващите се вихри. В Tornado всяка плоска повърхнина се счита за крило. Това означава, че няма разлика в изчисленията и входящата информация за главното крило или за стабилизатора. За да създаване на лявата и дясната част на главното крило се слага отметка на “wing is mirrored”. Същото се прави и за стабилизатора. За вертикалния стабилизатор не се използват настройки за симетрията, а се поставя двустенният ъгъл на  $90^\circ$ . Така се получава крило с полуразпереност по  $Z$ -координатата.

Всяка издигаща се повърхност като крило, стабилизатор и т.н. е съставена от определен брой дялове. Най-обикновеното крило е съставено от един дял, докато някое по-сложно крило може да е съставено от пет или повече дяла. Във всеки дял дизайнът и характеристиките са константни. Изключение правят усуканите и изпъкнали повърхности, които за първия дял трябва да имат зададени външни и вътрешни стойности. Следващите ги дялове приемат външните свойства на предишния елемент като свои вътрешни, за да може да се осигури продължителност по дължина на

крилото. Ето защо елементите се номерират отвън-навътре.

Панелите са малки четириъгълни елементи, изграждащи всеки дял. Не е необходимо да се определя формата им, тъй като тя се генерира автоматично след задаване на броя им. В използваната версия на Tornado панелите са равномерно разпределени в дяловете. Те са номерирани от водещия ръб назад, ред по ред в посока навън.



Фиг. 2. Три геометрични модела

Изчисляват се аеродинамичните характеристики на малк БЛА (фиг.1) за скорост на полета  $V = 22 \text{ m/s}$ , съответстваща на  $M = 0,07$ .

Изчисленията се извършват при неотклонени кормила за управление, като променливите параметри са удължението  $A$ , реципрочната стойност на стеснението  $\lambda$ , стреловидността  $\Lambda$ , рамото на хоризонталната опасна плоскост  $l_H$  и рамото на вертикалната опасна плоскост  $l_V$ . В резултат на това се определят следните аеродинамични характеристики:

- производна на коефициента на подъемна сила по ъгъла на атака  $C_{La}$ ;
- производна на коефициента на странична сила по ъгъла на плъзгане  $C_{Y\beta}$ ;
- производна на коефициента на надлъжния момент по ъгъла на атака  $C_{ma}$ ;
- производна на коефициента на напречния момент по ъгъла на плъзгане  $C_{l\beta}$ ;
- производна на коефициента на попътния момент по ъгъла на плъзгане  $C_{mq}$ ;
- коефициент на надлъжния демпфиращ момент  $C_{lp}$ ;
- коефициент на напречния демпфиращ момент  $C_{nr}$ ;
- коефициент на попътния демпфиращ момент  $C_{lr}$ ;
- коефициент на напречния спирален момент  $C_{np}$ ;
- коефициент на попътния спирален момент  $C_{n\beta}$ .

#### 4. Резултати от изследването

Резултатите от теоретичното изследване са обобщени в 16 таблици и 40 графики, изобразяващи зависимостите на всяка една от изброените по-горе аеродинамични характеристики от различни стойности на удължението  $A$ , реципрочната стойност на стеснението  $\lambda$  и стреловидността  $\Lambda$ .

Таблица 1. Производни на аеродинамичните коефициенти при стреловодност  $\Lambda=0^\circ$  и стеснение  $\lambda=1$

$\Lambda = 0^\circ; \lambda = 1$					
$A$	6	7	8	9	10
$C_{La}$	5.3	5.4	5.66	5.78	5.92
$C_{l\beta}$	0.044	0.041	0.039	0.036	0.033
$C_{lp}$	-0.49	-0.51	-0.55	-0.57	-0.6
$C_{lr}$	0	0	0	0	0
$C_{ma}$	-2.12	-2.3	-2.55	-2.61	-2.76
$C_{mq}$	-14.82	-15.2	-18.9	-19.64	-20.12
$C_{Y\beta}$	-0.37	-0.37	-0.38	-0.37	-0.36
$C_{n\beta}$	-0.094	-0.094	-0.094	-0.091	-0.091
$C_{np}$	-0.147	-0.138	-0.099	-0.099	-0.095
$C_{nr}$	-0.13	-0.13	-0.04	-0.046	-0.045

**Таблица 2.** Производни на аеродинамичните коефициенти при стреловидност  $\Lambda=0^\circ$  и стеснение  $\lambda=2$

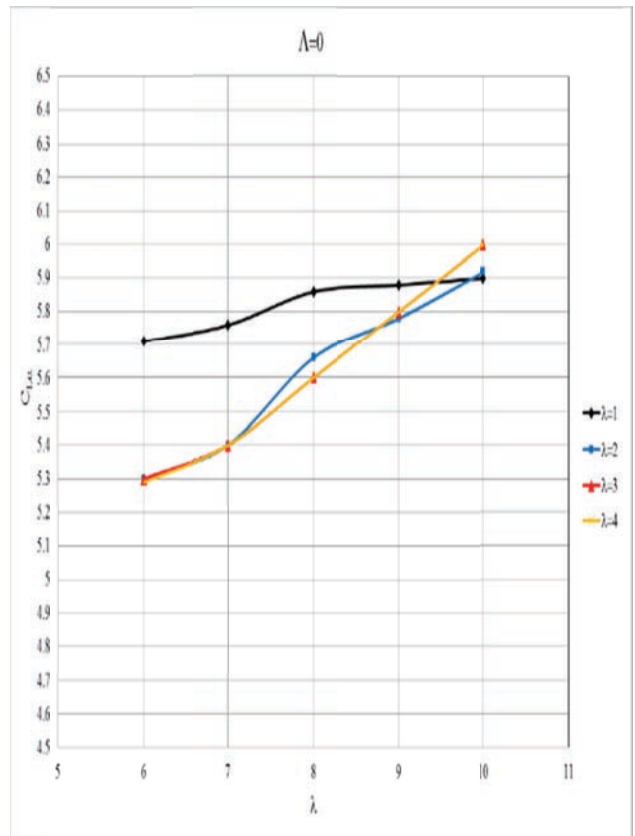
$\Lambda = 0^\circ; \lambda = 2$					
$A$	6	7	8	9	10
$C_{La}$	5.3	5.4	5.66	5.78	5.92
$C_{l\beta}$	0.044	0.041	0.039	0.036	0.033
$C_{lp}$	-0.49	-0.51	-0.55	-0.57	-0.6
$C_{lr}$	0	0	0	0	0
$C_{ma}$	-2.12	-2.3	-2.55	-2.61	-2.76
$C_{mq}$	-14.82	-15.2	-18.9	-19.64	-20.12
$C_{Y\beta}$	-0.37	-0.37	-0.38	-0.37	-0.36
$C_{n\beta}$	-0.094	-0.094	-0.094	-0.091	-0.091
$C_{np}$	-0.147	-0.138	-0.099	-0.099	-0.095
$C_{nr}$	-0.13	-0.13	-0.04	-0.046	-0.045

**Таблица 3.** Производни на аеродинамичните коефициенти при стреловидност  $\Lambda=0^\circ$  и стеснение  $\lambda=3$

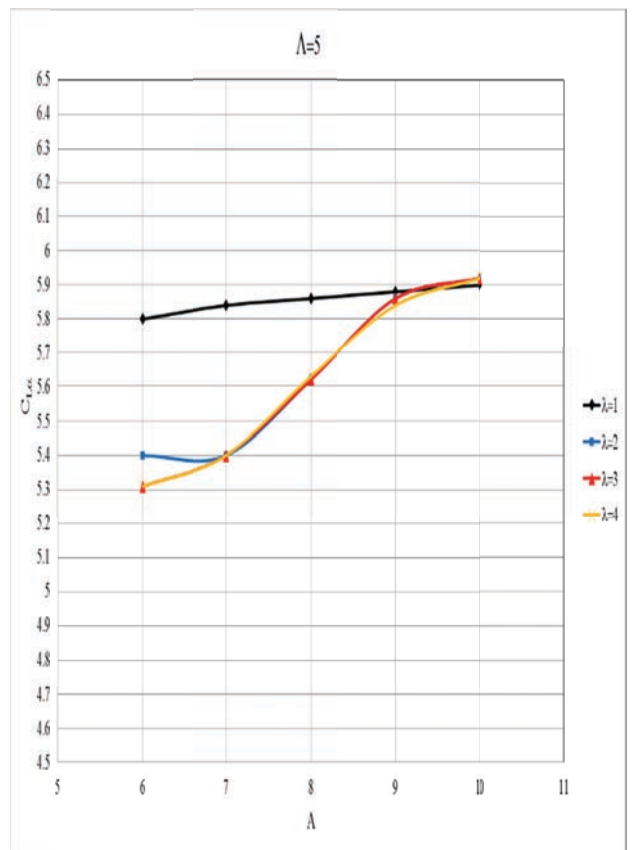
$\Lambda = 0^\circ; \lambda = 3$					
$A$	6	7	8	9	10
$C_{La}$	5.3	5.4	5.6	5.8	6
$C_{l\beta}$	0.043	0.041	0.38	0.036	0.033
$C_{lp}$	-0.51	-0.51	-0.52	-0.53	-0.55
$C_{lr}$	0	0	0	0	0
$C_{ma}$	-2.37	-2.37	-2.51	-2.75	-2.91
$C_{mq}$	-12.56	-13.76	-15.74	-17.75	-19.81
$C_{Y\beta}$	-0.39	-0.38	-0.38	-0.37	-0.36
$C_{n\beta}$	-0.094	-0.094	-0.094	-0.093	-0.09
$C_{np}$	-0.152	-0.157	-0.14	-0.12	-0.1
$C_{nr}$	-0.13	-0.13	-0.04	-0.05	-0.05

**Таблица 4.** Производни на аеродинамичните коефициенти при стреловидност  $\Lambda=0^\circ$  и стеснение  $\lambda=4$

$\Lambda = 0^\circ; \lambda = 4$					
$A$	6	7	8	9	10
$C_{La}$	5.29	5.4	5.6	5.8	6
$C_{l\beta}$	0.041	0.041	0.38	0.036	0.033
$C_{lp}$	-0.47	-0.47	-0.52	-0.53	-0.55
$C_{lr}$	0	0	0	0	0
$C_{ma}$	-2.35	-2.35	-2.61	-2.81	-2.93
$C_{mq}$	-11.21	-12.74	-14.32	-16.21	-18.24
$C_{Y\beta}$	-0.38	-0.38	-0.38	-0.37	-0.36
$C_{n\beta}$	-0.094	-0.094	-0.094	-0.091	-0.09
$C_{np}$	-0.152	-0.157	-0.14	-0.12	-0.1
$C_{nr}$	-0.13	-0.13	-0.12	-0.11	-0.11

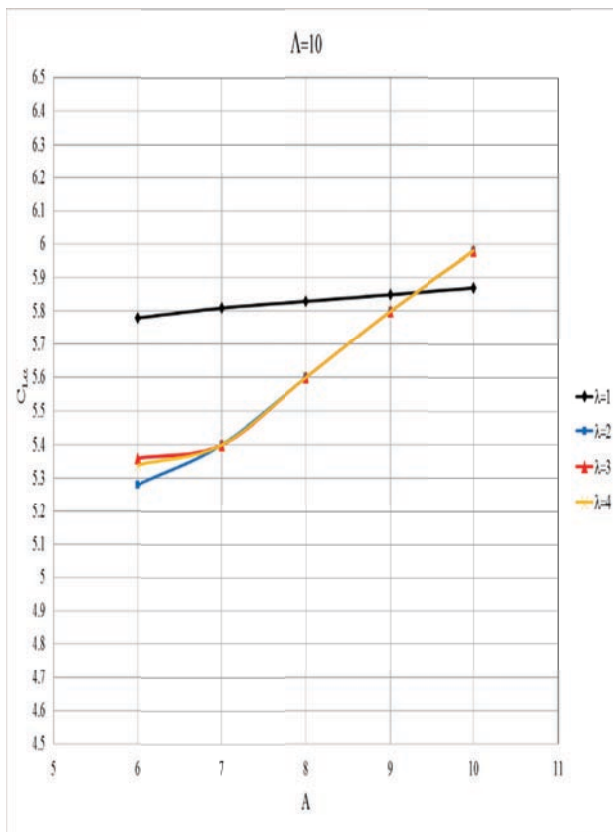


**Фиг. 3.** Зависимост на производната  $C_{L\alpha}$  от стеснението  $\lambda$  при стреловидност  $\Lambda=0^\circ$

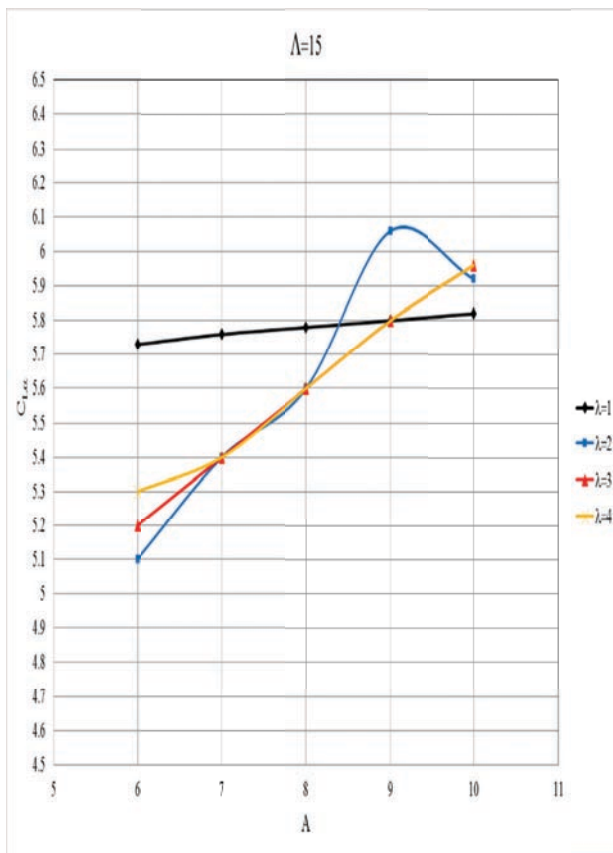


**Фиг. 5.** Зависимост на производната  $C_{L\alpha}$  от стеснението  $\lambda$  при стреловидност  $\Lambda=5^\circ$





Фиг. 6. Зависимост на производната  $C_{L\alpha}$  от стеснението  $\lambda$  при стреловидност  $\Lambda=10^\circ$



Фиг. 7. Зависимост на производната  $C_{L\alpha}$  от стеснението  $\lambda$  при стреловидност  $\Lambda=15^\circ$

Поради големия обем на резултатите и ограничението в броя на страниците на доклада, тук са представени таблично само зависимостите на тези характеристики от удължението  $A$  при стреловидност  $\Lambda = 0^\circ$  и стойности на стеснението  $\lambda = 1, 2, 3$  и  $4$  (табл. 1, 2, 3, 4). Графично на фиг.3, 4, 5, 6, 7 са представени зависимостите на производната  $C_{L\alpha}$  от удължението  $A$  за стеснения  $\lambda = 1, 2, 3, 4$  при стреловидности  $\Lambda = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ$ .

### 5. Анализ на резултатите

От направеното теоретично изследване на МБС с нормална АС с двугредово П-образно опашно оперение може да се направят следните изводи:

1. **Производната на коефициента на подъемна сила по ъгъла на атака  $C_{L\alpha}$**  при ъгъл на стреловидност  $\Lambda = 0^\circ$  варира в много малки граници при стеснение  $\lambda = 1$  и удължение 6, 7, 8, 9 и 10, но с увеличаване на стеснението има нарастване на коефициента на подъемна сила по ъгъла на атака от 5,3 до 6 при същите удължения  $A$ .
2. **Производната на коефициента на странична сила по ъгъла на плъзгане  $C_{Y\beta}$**  при ъгъл на стреловидност  $\Lambda = 0^\circ$  варира в границите от 0,045 до 0,033 при стеснения  $\lambda = 2, 3,$  и  $4$  и удължение съответно 6, 7, 8, 9 и 10, като при стеснение  $\lambda = 1$  е практически 0. С увеличаване на ъгъла на стреловидност няма промяна на нейната стойност и тя е постоянна при същите удължения  $A$ .
3. **Производната на коефициента на надлъжния момент по ъгъла на атака  $C_{m\alpha}$**  при ъгъл на стреловидност  $\Lambda = 0^\circ$  варира в границите от -2,1 до -2,8 при стеснения  $\lambda = 1, 2, 3,$  и  $4$  и удължение съответно 6, 7, 8, 9 и 10. С увеличаване на ъгъла на стреловидност тя нараства като при стеснение  $\lambda = 1$  и  $\Lambda = 0^\circ$  е практически с постоянна стойност при същите удължения.
4. **Производната на коефициента на напречния момент по ъгъла на плъзгане  $C_{l\beta}$**  при ъгъл на стреловидност  $\Lambda = 0^\circ$  варира в границите от 0,045 до 0,033 при стеснения  $\lambda = 2, 3,$  и  $4$  и удължение съответно 6, 7, 8, 9 и 10, като при стеснение  $\lambda = 1$  е практически 0, но с увеличаване на ъгъла на стреловидност няма промяна и тя е с постоянна стойност при същите удължения.
5. **Производната на коефициента на попятния момент по ъгъла на плъзгане  $C_{mq}$**  при ъгъл на стреловидност  $\Lambda = 0^\circ$  варира в границите от -15 до -28 при стеснения  $\lambda = 1, 2, 3,$  и  $4$  и удължение съответно 6, 7, 8, 9 и 10, като при стеснение

$\lambda = 1$  и  $A = 5^\circ, 10^\circ$  и  $15^\circ$  е практически с постоянни стойности и няма промяна при същите удължения  $A$ .

6. **Коефициентът на надлъжния демпфиращ момент  $C_p$**  при ъгъл на стреловидност  $A = 0^\circ$  варира в границите от -0,46 до -0,68 при стеснения  $\lambda = 1, 2, 3$  и  $4$  и удължение съответно 6, 7, 8, 9 и 10, като по-големите стойности на коефициента са съответно при по-големите удължения.
7. **Коефициентът на напречния демпфиращ момент  $C_{nr}$**  варира в границите от -0,13 до -0,046 при стеснения  $\lambda = 1, 2, 3$  и  $4$  и удължение съответно 6, 7, 8, 9 и 10, като по-малките стойности са съответно при по-големите удължения. Най-малката стойност е при удължение 8 и остава постоянна при всички стеснения.
8. **Коефициентът на попътния демпфиращ момент  $C_{lr}$**  е практически с нулева стойност при всички изследвани ъгли на стреловидност, стеснения и удължения.
9. **Коефициентът на напречния спирален момент  $C_{nr}$**  варира в границите от -0,085 до -0,158 при стеснения  $\lambda = 1, 2, 3$  и  $4$  и удължение съответно 6, 7, 8, 9 и 10, като стойностите на коефициента се увеличават до -0,085 с увеличаване на удължението.
10. **Коефициентът на попътния спирален момент  $C_{nr}$**  при ъгли на стреловидност  $A = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$  и  $15^\circ$  варира в границите от -0,088 до -0,084 при стеснения  $\lambda = 1, 2, 3$  и  $4$  и удължение съответно 6, 7, 8, 9 и 10. По-малките стойности на коефициента са съответно при по-големите удължения, т.е стеснението не оказва влияние върху стойността на коефициента.

От направения анализ могат да се обобщят следните резултати.

С увеличаване на удължението  $A$  се увеличава коефициентът на надлъжния демпфиращ момент  $C_p$ , и се понижават стойностите на коефициента на напречния демпфиращ момент  $C_{nr}$ , на коефициента на напречния спирален момент  $C_{nr}$  и на коефициента на попътния спирален момент. Увеличаването на стеснението  $\lambda$  влияе на нарастването на производната на коефициента на подъемна сила по ъгъла на атака. Ъгълът на стреловидност влияе на производните на

коефициента на надлъжния момент по ъгъла на атака  $C_{ma}$  и производната на коефициента на попътния момент по ъгъла на плъзгане  $C_{mq}$ .

## 6. Заключение

Резултатите от направеното изследване на МБС с нормална двугредова аеродинамична схема с П-образно опашно оперение могат да бъдат използвани при аеродинамичното проектиране на такъв тип малки безпилотни самолети, след като се внесат съответните корекции за триенето, ефекта на тялото, както и влиянието на витлото.

## 7. Благодарности

Авторът благодари на НИС при ТУ-София за оказаната помощ при подготовката и популяризирането на публикацията чрез договор № 142ПД0052-24.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Armada INTERNATIONAL. Compedium by armada&: Drones. 2008.
2. Armada INTERNATIONAL. Compedium by armada&: Drones. 2009.
3. Armada INTERNATIONAL. Compedium by armada&: Drones. 2010.
4. Armada INTERNATIONAL. Compedium by armada&: Drones. 2011.
5. Armada INTERNATIONAL. Compedium by armada&: Drones. 2012.
6. Armada INTERNATIONAL. Compedium by armada&: Drones. 2013-2014.
7. Сейзински А., А. Данаилов, Д. Сейзински. Анализ на съществуващите схеми на малки безпилотни самолети. Сб. от доклади на ЮНК „100 години авиационно образование в България”, Д. Митрополия, 10 октомври 2014.

Адрес:

маг. инж. Ангел Данаилов Данаилов  
гр. Пловдив,

Технически университет-София, филиал  
Пловдив,

ул. „Цанко Дюстабанов” № 25

E-mail: [a.d.danailov@gmail.bg](mailto:a.d.danailov@gmail.bg)



## МОДЕЛ ЗА ОПТИМИЗИРАНЕ НА АДМИНИСТРАТИВНИТЕ ПРОЦЕДУРИ В ЕДИННАТА СИСТЕМА ЗА ГРАЖДАНСКО И ВОЕННО УПРАВЛЕНИЕ НА ВЪЗДУШНОТО ПРОСТРАНСТВО

ДАНЧО КОЛИБАРОВ

**Резюме:** Представен е модел, с който се оптимизират административните процедури в единната система за гражданско и военно управление на въздушното движение. С това се изпълняват изискванията на инициативата за единно европейско небе, подобрената концепция за гъвкаво използване на въздушното пространство и свързаните с тях идеи за средносрочни и дългосрочни подобрения на показателите за това управление.

**Ключови думи:** управление на въздушното движение УВД, гъвкаво използване на въздушното пространство ГИВП, динамично управление на мрежата за европейското въздушно пространство ДУМЕВП.

## MODEL FOR OPTIMIZING THE ADMINISTRATIVE PROCEDURES IN THE UNIFIED CIVIL AND MILITARY AIRSPACE MANAGEMENT (ASM)

DANCHO KOLIBAROV

**Abstract:** Presented a model that optimizes administrative procedures in the unified system for civil and military air traffic management. Thus, meeting the requirements of the Single European Sky, the improved concept for flexible use of airspace and the related ideas of medium and long-term improvement of that management's indicators.

**Key words:** Air Traffic Management (ATM), Flexible use of airspace (FUA), Dynamic network management for European airspace (EUROCONTROL DMEAN).

### 1. Цели и принципи при изграждането на бъдещата единна система за гражданско и военно управление на въздушното пространство

Данните за управление на въздушното движение показват постоянно нарастване на въздушния трафик и нужда от въздушно пространство. Инициативата за единно

европейско небе, подобрената концепция за гъвкаво използване на въздушното пространство и свързаните с тях идеи прокарват пътя за средносрочни и дългосрочни подобрения на работните показатели в УВД.

Една от програмите за подобрени операции в Европа е динамично управление на мрежата за европейското въздушно

пространство (EUROCONTROL DMEAN). Водещ принцип в тази програма е ГИВП, в която управлението и динамиката на разпределение на въздушното пространство е установено. Подобрената концепция за ГИВП съчетава капацитета за управление на въздушното пространство (УВП) със заявеното управление и процеса на вземане на решения, балансирайки капацитета и заявките.

### **1.1. Цели на бъдещата единна система за гражданско и военно управление на въздушното пространство**

При изграждането на бъдещата единна система за гражданско и военно управление на въздушното пространство трябва да се постигнат следните основни цели:

- подпомагане на местното и регионално УВП и процеса на координиране до мрежово ниво;
- възможност за подобряване на процеса на координиране между мрежата и местните и регионалните нива;
- техническо поддържане на мрежа за УВП чрез интерфейс между централните органи за УВП и местните органи за УВП;
- осигуряване на лесен достъп до актуална информация за състоянието на въздушното пространство;
- събиране и изготвяне на статистически данни за работните показатели на УВП.

За военни нужди трябва да бъдат спазени следните конкретни цели:

- ефикасно управление на заявеното въздушно пространство, колкото е възможно по-близко до оперативното време с цел да се подобри ефективността на мисията;
- подкрепа на целия процес на планиране на въздушното пространство, включително приемане на по-високи йерархични нива и корективни мерки от първоначално заявеното въздушно пространство, до завършване на мисията и освобождаване на въздушното пространство;
- подкрепа за планиране на военни трансгранични операции;
- прозрачност към граждански партньори;

За граждански нужди трябва да бъдат спазени следните конкретни цели:

- оптимизиране използването на мрежата (капацитет и ефективност на полетите);
- насърчаване на заявките за въздушното пространство на тактическо ниво;
- изготвяне на подходящи активиращи планове за условни маршрути и трасета (УМТ), които да бъдат включени в планирането на въздушното пространство;

- комплектоване на мрежовата система;
- прозрачност към военните партньори.

Гражданско-военната спомагателна система за управление на въздушното пространство на местно и регионално ниво трябва да отговаря на следните изисквания [2]:

- относно определяне на общи правила за гъвкаво използване на въздушното пространство;
- поддържане на гражданско-военно споделяне на данни и съвместно управление;
- подкрепяне на общата гражданско-военна ситуационна осведоменост;
- допринасяне за подобряването на процеса за планиране на въздушното пространство и да се отговори на търсенето и баланса за пропускателната способност;
- подобряване на безопасността чрез предоставяне на всички участващи страни на общо и подходящо въздушно пространство въз основа на отговорно управление на данни;
- заявките за управление на въздушното пространство се дават от военни и граждански ползвателите на въздушното пространство на предтактически и тактически нива;
- подреждане, балансиране и обединяване на заявките за въздушното пространство в гражданско-военните национални и регионални органи за работа с трафика;
- улесняване на достъпа до симулиране на опции на сценария "Какво ще стане, ако" на местно и регионално ниво, за да се подкрепи разработването на най-добро балансирано планиране на въздушното пространство;
- обработка на данните в мрежата се препоръчва въз основа на мрежовата оценка;
- предоставяне на необходимите данни, за да се даде възможност за ефикасно сътрудничество за вземане на решения на национално ниво;
- събиране на данни, необходими за поддържане на граждански и военни ключови показатели за работата;
- автоматизация на ръчно задаваните операции;
- осигуряване на обмен на данни (в хармонизиран формат на данните и връзките) с други системи/мрежи;

Прилагането на горепосочените изисквания в рамките на системата или на специален софтуер се очаква да доведе до следните преимущества :

- консолидиране на безопасността на полетите чрез точно и надеждно споделяне на данни за състоянието на въздушното пространство;
- оптимизиране на задачите за УВП и намаляване на натовареността им чрез автоматизация;



- подобряване на гражданско-военната координация при УВП на нива 2 и 3;
- по-лесно и по-точно национално планиране на УВП;
- осигурява персонализирани спомагателни функции за процеса на УВП на всички нива;
- осигуряване на непрекъснатост между националния/регионалния процес и мрежовия процес;
- възможност за непрекъснатост при съвместно вземане на решения и съгласувано оптимизиране на УВП от възможно най-ранен етап за планиране на въздушното пространство до оперативното време.

### **1.2.Принципи на бъдещата единна система за гражданско и военно управление на въздушното пространство**

При изграждането на бъдещата единна система за гражданско и военно управление на въздушното пространство трябва да се спазват следните основни принципи:

- безопасност - потребителите винаги да имат достъп до правилната информация за да се гарантира безопасността на полетите;
- работни характеристики - хардуерът, който е използван трябва да позволи обработка на съобщения и данни практически в реално време;
- оперативна съвместимост - като ключов ползвател се иска да се насърчава обмена на информация, чрез включване на най-съвременните комуникационни стандарти. Системата трябва да се съобразява с Европейския регламент за оперативна съвместимост и свързаните с него правила за прилагане;
- цялост и поверителност - поради факта, че безопасността на полетите се нуждае от надеждни действия, целостта на данните трябва да е гарантирана по всяко време. Потвърждението за цялата входяща информация, влияеща върху състоянието на въздушното пространство и контролиран достъп на оправомощени функции, трябва да гарантира целостта на данните. Външна проверка с други системи не се предвижда;
- архивиране и възстановяване - след като системата трябва да работи на всяка работна станция, всеки потребител трябва да бъде в състояние да направи back-up, когато се появи хардуерен проблем. В случай на неизправност на мрежата, следва да се предвиди процедура за back-up за телефон и/или факс;
- гъвкавост - след като системата трябва да работи на всяка модерна станция и достъп може

да се получи чрез парола, функциите на системата трябва да я направят гъвкав инструмент, който да поддържа развърнатите конфигурации. Следва да се разреши съгласуване на изискванията на граждански и военни потребители, чрез техен специализиран дисплей;

- отговорно управление на информацията - използването на системата трябва да бъде определено в ясни споразумения, които посочват онези, които са отговорни за коректността на данните, обменяни между партньори, и които се използват, за да се вземат оперативни решения. Състоянието на данните следва да бъде ясно и прозрачно;
- удобство за потребителя - разликата между успешна система и провал до голяма степен зависи от това дали е удобна за потребителя. Специално внимание следва да се отдели в този аспект и на възможностите за персонализация;
- устойчивост/техническо обслужване - както структурата, параметрите и правилата за УВП са различни и могат да се променят, така и при развитието на системата, следва да се вземе под внимание, че промените могат да се адаптират бързо и лесно. Не се предвиждат промени на запаметените процедури, база данни или програмни кодове.

### **2.Административни процедури и дейности в бъдещата Единна система за гражданско и военно управление на въздушното пространство**

Спомагателната система за УВП ще подпомага ГИВП и подобрената концепция за ГИВП, динамичното УВП, трансграничните операции и децентрализираното или централизирано УВП на национално ниво и на регионално ниво (такива като функционални блокове въздушно пространство).

#### **2.1.Архитектура на спомагателната система за УВП (LARA)**

Отворената архитектура гарантира работа на интерфейса на системата със съществуващите и бъдещите системи.Тя ще подкрепя цикъла на планиране на въздушното пространство, по възможност в началото на процеса, и чрез автоматизирани повтарящи се задачи до известна степен.

Системата LARA включва следните модули.

#### **Модул 1. Планиране на въздушното пространство**

Целта на този модул е да осигури всички действия на позициите за национално (регионално) планиране на въздушното

пространство независимо от държавната процедура или методика. Този модул ще подпомага заявяването или резервацията на ВП, анализи, гражданско-военно планиране и координация, симулации, съвместно вземане на решения, вземане на решения от органа за УВП, трансгранична координация, разпространение на информация и разпределяне на ВП главно въз основа на национални или хармонизирани процедури за функционалните блокове на въздушното пространство (ФБВП).

### **Модул 2. Състояние на въздушното пространство**

Модулът за състоянието на данните за въздушното пространство следва да се счита за междинен слой на спомагателната система за УВП между модула за планиране на въздушното пространство и модула за събиране на данни за въздушното пространство. Целта на този модул е да осигурява действията на работните позиции на ръководителите на полети чрез обмен и даване на възможност за показване на действителното състояние на данните за въздушното пространство, гарантиращо общата осведоменост за ситуацията.

Този модул ще подпомага ниво 3 на УВП, включително краткосрочни откази и допълнителни промени или разпределение на въздушното пространство. Той трябва да е в състояние да извършва взаимодействие със системи за РВД. Целостта на данните е от основно значение за безопасността на полетите.

### **Модул 3. Събиране на данни за УВП за изчисляване на производителността**

Този модул е трети слой на спомагателната система за УВП за подпомагане на оценка и преглед на процесите на управлението на въздушното пространство и използване на въздушното пространство. Той събира данните на модули 1 и 2 по хармонизиран начин и е способен на взаимодействие с данните на анализиращите програми. Целта му е да позволи подходящо събиране на данни за оценка на ефективността на въздушното пространство, на ефективността на мисиите и гъвкавостта на използване на въздушното пространство. Данните ще се събират и съхраняват в стандартен формат, който може да бъде лесно достъпен чрез интерфейс.

#### **2.2. Административни процедури и дейности извършвани от организационните единици изграждащи спомагателната система за УВП (LARA)**

Административните процедури и

дейности обслужващи функционирането на системата са:

### **Модул 1. Планиране на въздушното пространство**

Концепцията е базирана на основата на цикъла за планиране на време, започващ от неясната картина на бъдещи дейности във въздушното пространство, като се движи към координиран прецизен план.

Планирането (фиг. 1) започва с календар на събитията, който събира планираните учения или основните събития, предвидени през годината и през следващата година(и), без да се знаят точно заявките за въздушното пространство. Това дава веднага поглед към очакваните ограничения и чрез разделяне на основните мероприятия на ранен етап се дава възможност за свеждане до минимум на ефекта върху мрежата.

Дългосрочното планиране започва ако се знае по-подробна заявка за въздушното пространство за планираните дейности от календара на събитията. Дългосрочното планиране главно събира, анализира и представя информация за:

- големи военни учения, военни или граждански събития (по-специално заявеното въздушно пространство необходимо за учения);
- ограничения поради общия въздушен трафик (GAT), които могат да имат значително въздействие върху военната дейност.

Дългосрочното планиране е определено по подразбиране от x-тата година напред до 7 работни дни преди действителната дата (ден). Тези заявки обикновено са с по-висок приоритет от краткосрочните заявки

Дългосрочното планиране позволява на лицата, планиращи учение, да проверят вече планирани дейности за основните нужди на въздушното пространство и да осигурят деконфликтност. Също така, могат да бъдат идентифицирани конфликти между ограничения и дейности, които вече са планирани.

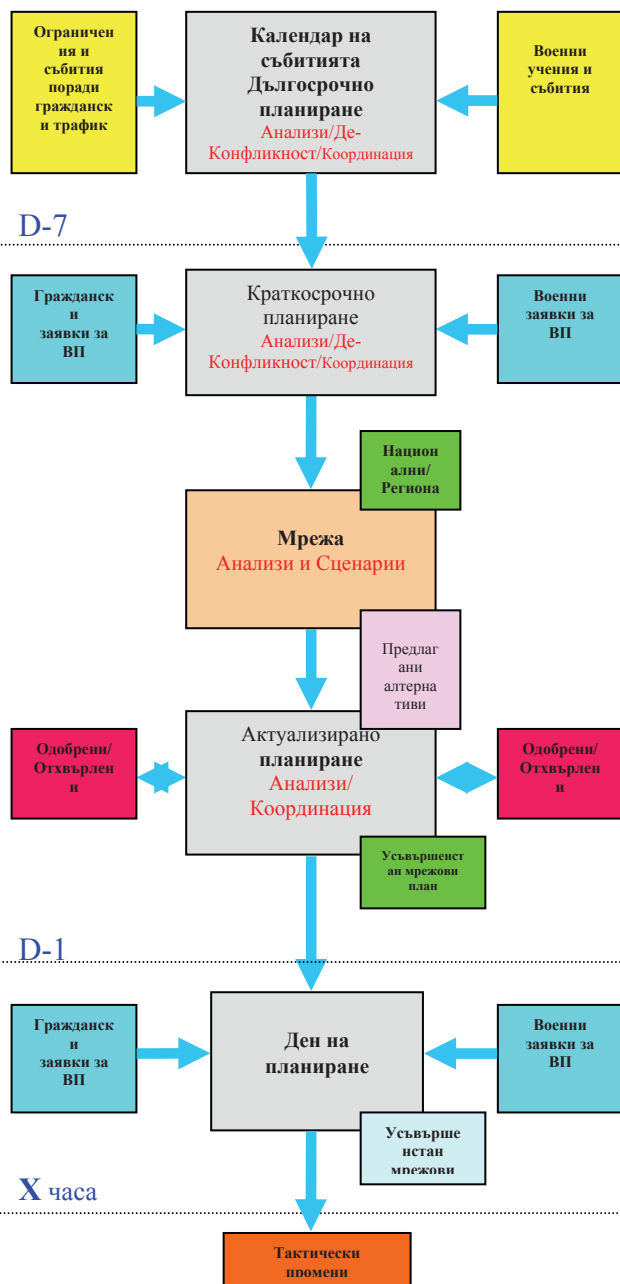
Първоначалната координация (комуникация) между отделни органи вече трябва да е възможна. Всяко конфликтно въздушно пространство може да се изпрати на подходящото ниво за решение. Предвижда се възможност за дългосрочно планиращия на проекти да генерира съобщение до екипажите (NOTAM -Notice to airmen) допълнение към АИП-заявка и да я изпрати на NOTAM-службата, когато счете за необходимо.

Въз основа на дългосрочното планиране, дейността по краткосрочното планиране ще се съсредоточи върху:

- военните заявки за въздушното пространство,

координирани с съответните органи;

- гражданските заявки, координирани с доставчика на аеронавигационно обслужване и обявените очаквани граждански ограничения;
- оценяване на взаимното влияние на заявените зони и УМТ;
- активиране на управлението на управляемо или неуправляемо въздушно пространство, включващо капацитета на контролния център;
- представяне на национален или регионален план на мрежовите мениджъри;
- анализиране на предложенията и алтернативите от мрежовите мениджъри;
- координацията между гражданските и военните заинтересовани страни относно алтернативи.



Фиг. 1. Модул за планиране на въздушното пространство.

Периодът за краткосрочно планиране е от D-7 до D-1. За да се оптимизират военните заявки, информацията за наличните зони следва да се показва в реално време. Трябва да съществува възможност за някои местни йерархични нива за потвърждаване или приемане на заявката. На национално или регионално управленско ниво заявката се адаптира, одобрява или отхвърля. Трябва да се предвиди включването на времеви параметри относно максималното време на обработка за всяка заявка. Система трябва да позволява 3D управление на въздушното пространство и автоматично да открива препокриването на заявка на други зони и маршрути, и двойните резервации. Въз основа на преговори, органът за УВД управлява всички заявки и предлага план, който е на разположение на мрежовите мениджъри по автоматизиран път. Ако мрежовият мениджър предлага алтернативен план, който е по-добър от гледна точка на мрежата, това трябва да се анализира и повлияните заявки трябва да бъдат идентифицирани. Трябва да бъде възможна онлайн координация, за да може да се оспори предложението. Тази интензивна координация осигурява актуализирано по целесъобразност планиране.

## Модул 2. Състояние на въздушното пространство

Този модул осигурява действията на работните позиции на ръководителите на полети чрез обмен и даване на възможност за изобразяване на действителното състояние на данните за въздушното пространство, гарантиращо общата осведоменост за ситуацията.

Информацията от модула за състоянието на въздушното пространство се предлага постоянно по различни начини - като екран с карта или като налични данни за изобразяване на дисплея за въздушната обстановка на системата за ръководство. Дисплеят на модула за състоянието на въздушното пространство е в зависимост от потребителя (кодиране на цветовете, зоните на отговорност и други).

На екрана с картата или на дисплея за въздушната обстановка трябва да има варианти за избор на структури на въздушното пространство. Дефинираната от ползвателя зона също трябва да се показва. Всяка промяна в състоянието на зона или УМТ трябва да се показва и следва да бъде потвърдена от системата автоматично или ръчно. Положителното потвърждение трябва да бъде видимо и за другите ползватели на системата. Действията от страна на отговорния орган или

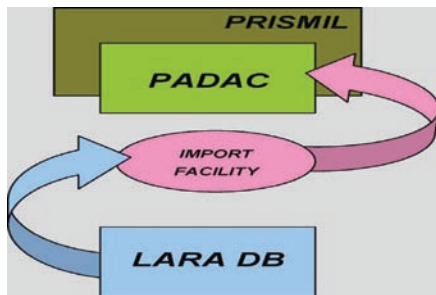
позиция са следните: активирани; отмяна; допълнение; деактивирани.

Дейностите по управление на въздушното пространство, както и изображенията на трафик дисплея (ако е приложимо), се записват.

### Модул 3. Събиране на данни за УВП за изчисляване на производителността

Модулът позволява подходящо събиране на данни за оценка на ефективността на въздушното пространство, на ефективността на мисиите и на гъвкавостта на използването на въздушното пространство. Данните се събират и съхраняват в стандартен формат, който може да бъде лесно достъпен чрез интерфейс.

LARA база данните следва да захранват програмите за анализ с данни по отношение на следните ключови показатели (фиг.2):



Фиг. 2. LARA-PADAC (PRISMIL програма) интерфейс.

- прилагане на ГИВП;
- придържане към размерите за оптимално въздушно пространство;
- използване на въздушното пространство;
- процедури за ефективни заявки;
- икономическо въздействие на транзита;
- въздействие на мястото на въздушното пространство върху обучението;
- освобождаване на въздушното пространство.

С PRISMIL могат да се измерят ключовите показатели за производителност, които са важно средство за проследяване на елементите, които ясно да покажат как се справя системата за УВП по отношение на целите и задачите. Те са разработени за създаване на обща методология за измерване на действителното използване на структурите на въздушното пространство за военни дейности с оглед оценяване на тяхното въздействие върху гражданския въздушен трафик. Ключовите показатели за производителност, реализирани чрез PRISMIL, могат да се използват за:

- управление въз основа на фактите вместо становища или предположения;

- проследяване на елементите, които ясно да покажат какво извършва процеса;
- следене на постигане на целите;
- посочване на подходящи навременни действия за управление.

Въпреки че е постигнат значителен напредък в развитието и прилагането на текущите процедури за ГИВП и в процесите за уведомяване за наличие на въздушно пространство, частичното изграждане или липсата на спомагателни системи възпрепятства ефикасното прилагане на ГИВП. Регламентите на Европейския съюз по УВД, стандартите и препоръчителните практики на ИКАО и ЕВРОКОНТРОЛ изискват съществуването на добре функционираща система за УВД в национален и европейски мащаб.

### 3. Заключение

Глобализацията на въздушното пространство изисква съвместимост на националните системи за УВП за да се поддържа безопасността на полетите.

Основно предимство на LARA е представянето в реално време на едни и същи данни за всички участници в процеса на УВП.

За пълноценното използване на възможностите на концепцията за ГИВП при УВП е необходимо да се гарантира едновременен достъп на всички потребители до информация и данни осигуряващи работата на алгоритъма за ежедневното разпределение на структурите на ВП.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Регламент(ЕО) № 551/2004 на Европейския парламент и на Съвета от 10 март 2004 година относно организацията и използването на въздушното пространство в единното европейско небе.
2. Регламент (ЕО) № 2150/2005 на Комисията от 23.12.2005г. за установяване на общите правила за гъвкаво използване на въздушното пространство.
3. LARA - Local And Regional Airspace Management Supporting System Conceptual Description.
4. PRISMIL - Pan-European Repository of Information Supporting Civil-Military performance measurement (leaflet- 2009).
5. Закон за гражданското въздухоплаване
6. <https://www.eurocontrol.int/single-sky>
7. <https://www.eurocontrol.int>.

Контакти:

E-mail: [danchokol@abv.bg](mailto:danchokol@abv.bg)





## ПРОФИЛ НА МИСИЯТА НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ САМОЛЕТ С ВЕРТИКАЛНО ИЗЛИТАНЕ И КАЦАНЕ

ДИМО ЗАФИРОВ

**Резюме:** Разглежда се подход за определяне на профила на мисията на електрически транспортен самолет с вертикално излитане и кацане, използвана като базова в процеса на концептуалното проектиране. Анализирани са отделните участъци на мисията, които се оценяват от икономическа, енергийна и екологична ефективност.

**Ключови думи:** самолет с вертикално излитане и кацане, VTOL, самолет с електрически двигател, самолет със съчленено крило.

## PROFILE OF THE MISSION OF VERTICAL TAKEOFF AND LANDING ELECTRIC PLANE

**Abstract:** An approach for determining the mission profile of electric vertical takeoff and landing aircraft, used as a base during the conceptual design. Analyzed are the various sections of the mission, which are assessed from an economic, energy and environmental efficiency.

**Key words:** vertical takeoff and landing aircraft, VTOL, wing airfoil, electric plane, joined wing.

### 1. Въведение

#### Състояние на проблема

През последните години се поставят все по-строги изисквания за минимизиране на вредните емисии, отделяни от летателните апарати (ЛА) по време на целия им жизнен цикъл [1]. Едно от разглежданите възможни радикални решения е използването на изцяло електрически ЛА, които практически не отделят вредни химически емисии и шумът им е под допустимите норми.

Излитането и кацането са кратки етапи от изпълнението на мисията на самолетите. Независимо от това, те определят до голяма степен решенията, които се вземат в процеса на концептуалното проектиране на ЛА. Съществува голяма необходимост от изпълнение на мисии, както за военни, така и за

граждански цели, при които ЛА излита, каца вертикално и виси неподвижно във въздуха. За такива ЛА не са необходими летища с дълги писти и няма шумово замърсяване на големи райони. Те могат да се използват на кораби, в труднодостъпни местности и в градска среда.



Фиг. 1. Електрически самолет на Airbus E-Fan

Вертикално излитащите и кацащи (VTOL) ЛА замърсяват шумово много по-малки площи. Това са причините поради които електрическите VTOL ЛА са обект на теоретични и експериментални изследвания. Вече е факт и полета на опитния образец на първия електрически самолет E-Fan (Фиг. 1), който ще се произвежда серийно.

VTOL ЛА през последните години получиха бързо развитие, отначало за военни цели (Harrier, Osprey V-22 и F35B), а след това и за гражданско приложение (AW 609 и Project Ziro)

Всички създадени до момента VTOL самолети, обаче имат значително по-ниско аеродинамично, икономическо и екологично съвършенство от останалите конвенционални самолети. Мечтата на авиационните специалисти е да се създадат такива ЛА, които да могат да излитат и кацат както хоризонтално, така и вертикално, а в крейсерски режим да не отстъпват на най-добрите самолети в своя клас.

При проектирането на ЛА се задават базови мисии и критерий, за които той трябва да е оптимален. Избира се базов вариант с такъв набор от параметри, при които критерият за оптималност има екстремум.

При летателната експлоатация за изпълнение на конкретна мисия се определят такива профили на полета, които отговарят на изискванията на авиокомпанията, използваща ЛА, като се отчитат освен икономическите и екологичните изисквания.

Вече е актуално да се провеждат изследвания за определяне на оптимален профил на мисията на VTOL електрически ЛА с управляем вектор на тягата, както в процеса на проектиране, така и при летателната експлоатация.

## 2. Математически модел на движението на VTOL електрически ЛА с управляем вектор на тягата

Разликата между ЛА използващи гориво и електрическите е, че при вторите масата не се променя по време на полета. При тях се променя наличната енергия в батериите. Затова в математическия модел на движение на ЛА с управляем вектор на тягата [2, 3], заменяме последното уравнение за изменение на масата с уравнение за изменение на енергията в батериите и получаваме математическия модел на движение на VTOL електрически ЛА в скоростна координатна система:

$$\dot{V} = \frac{(C_F \cos \alpha_F - C_D) S \rho V^2}{2m} - g \sin \gamma$$

$$\dot{\gamma} = \frac{(C_F \sin \alpha_F + C_L) S \rho V}{2m} - \frac{g \cos \gamma}{V}$$

$$\dot{x} = V \cos \gamma \tag{1}$$

$$\dot{h} = V \sin \gamma$$

$$\dot{E} = \frac{C_F S \rho V^3}{2\eta_{tot}}$$

където:

$C_D$  – коефициент на силата на челно съпротивление

$C_L$  – коефициент на подемната сила

$C_F$  – коефициент на тягата

$E$  – енергия на батериите MJ

$\dot{E}$  – секунден разход на енергия MJ/s

$g$  – земно ускорение  $m/s^2$

$\dot{h}$  – вертикална скорост  $m/s$

$m$  – маса на ЛА kg

$M$  – число на Mach

$S$  – крилна площ  $m^2$

$V$  – въздушна скорост на полета  $m/s$

$\dot{V}$  – тангенциално ускорение  $m/s^2$

$\dot{x}$  – хоризонтална скорост  $m/s$

$\alpha$  – ъгъл на атака;

$\alpha_{max}$  – ъгъл на атака, при който

подемната сила е максимална;

$\alpha_F$  – ъгъл на тягата

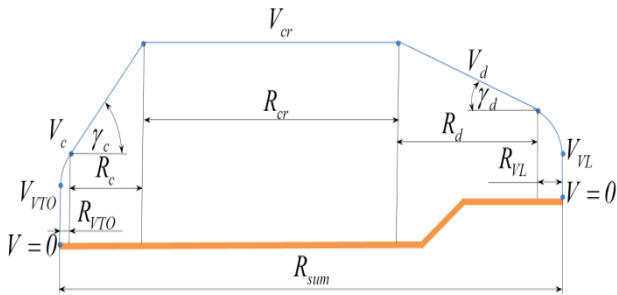
$\gamma$  – ъгъл на траекторията  $rad$

$\dot{\gamma}$  – изменение на ъгъла на траекторията  $rad/s$

$\eta_{tot}$  – коефициент на полезно действие на летателния апарат

$\rho$  – плътност на въздуха  $kg/m^3$ .

За определяне на профила на мисията на такъв ЛА анализираме отделните участъци на полета (Фиг. 2).



Фиг. 2. Профил на мисията

Профилът на мисията ще зависи и от индекса на разходите  $CI$  [2]:

$$CI = \frac{C_T}{C_E}$$

където:

$CI$  - индекс на разходите за полета

$CI_E$  - индекс на разходите, зависещи от използваната енергия за полета

$CI_T$  - индекс на разходите, зависещи от времето на полета.

Когато стойността му е малка трябва да се минимизира изразходваната за полета енергия. При изкачване ще се лети с ъгъл на атака, при който ЛА се изкачва най-стръмно. При снижение ще се лети с ъгъл на атака, при който ЛА има максимално аеродинамично качество. Крейсерската скорост трябва да е такава, че да се изпълни условието за зададеното блоково време за полета  $t_b$ .

Когато стойността му е голяма полетът трябва да се извърши за минимално време. При изкачване и снижение ще се лети с ъгъл на атака, при който ЛА има максимално аеродинамично качество, а крейсерската скорост трябва да съответства на зададената в началното задание.

### 2.1. Излитане

Излитането е вертикално. Векторът на тягата също е вертикално нагоре. Тяговъоръжеността при вертикалното излитане  $\bar{F}_{VTO}$  трябва е по-голяма от 1, като се предвижда и запас за осигуряване на маневреност и противодействие на пориви на вятъра. Възможно е за осигуряване на необходимата тяговъоръженост за вертикалните участъци на полета да се използват допълнителни двигатели и двигатели.

Височината на вертикалния участък  $H_{VTO}$  се определя от условията за безопасно

преминаване към изкачване, която може да е различна за всяко летище.

### 2.2. Преминаване в изкачване

При преминаването в изкачване двигателите осигуряват хоризонтална компонента на тягата, до положението, което е необходимо за режима на изкачване.

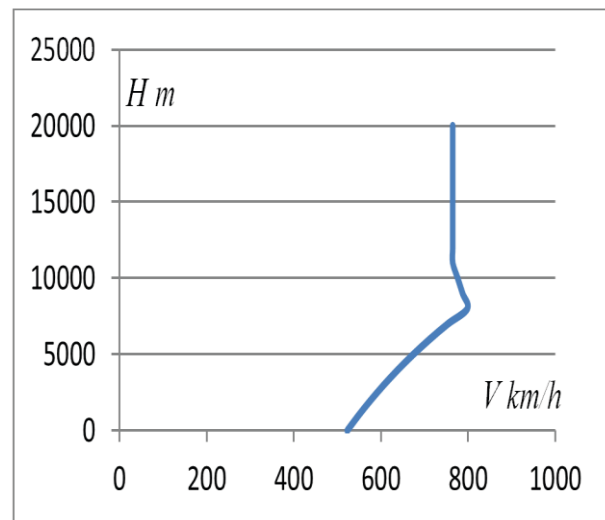
### 2.3. Изкачване

Изкачването до зададената крейсерска височина се извършва като комбинация между два гранични случая: изкачване за минимално време и изкачване с минимален разход на енергия.

### 2.4. Крейсерски полет

При крейсерския полет ЛА изминава максимално разстояние с наличната енергия. Това се постига при режим на двигателите, при който общия пропульсивен к.п.д. е максимален. При витлови и вентилаторни двигатели ЛА лети при ъгъл на атака, при който се постига максимално аеродинамично качество.

Предвижда се при бъдещите самолети за средни разстояния по екологични съображения да се ограничи числото на Mach при крейсерска скорост до 0,72 (Фиг. 3).



Фиг. 3. Изменение на крейсерската скорост при  $M=0,72$  с изменение на височината на полета

Това ще позволи да се използват профили с високо максимално аеродинамично качество при по-високи стойности на  $C_{Lc}$ , без опасност от възникване на местни скокове на уплътнение.

## 2.5. Снижение

Снижението се извършва при ъгъл на атака и конфигурация на ЛА и двигателите, при който се постига максимално аеродинамично качество, като двигателите работят в режим на минимален разход на енергия.

## 2.6. Подготовка за кацане

При подготовката за кацане хоризонталната земна скорост намалява до 0 и двигателите заемат положение, при което създават вертикална тяга. Подготовката за кацане трябва да завърши до достигането на приетата за летището височина на вертикалния участък за кацане  $H_{VL}$ .

## 2.7. Кацане

При кацането вертикалната скорост намалява плавно от зададена стойност за началото на участъка до нула при докосване на земната повърхност.

## 3. Оптимизации

### 3.1. Оптимизация по време

Оптимизацията по време се извършва с цел мисията да се изпълни за минимално време. В този случай се минимизират разходите, зависещи от времето. Такава оптимизация се извършва, когато  $Cl$  е голям. При тази оптимизация могат да се въведат ограничения за минималното или максималното време на полета за спазване на определено разписание.

### 3.2. Оптимизация по енергия

Оптимизацията по енергия позволява мисията да се изпълни с минимален разход на енергия или с наличната енергия да се прелети максимална дистанция. Такава оптимизация се извършва, при ниски стойности на  $Cl$ .

### 3.3. Оптимизация по емисии

Очаква се електрическите ЛА практически да бъдат беземисионни, но при производството на електроенергията за зареждането им да се отделят вредни емисии. В този случай оптимизацията по емисии ще съвпадне с оптимизацията по енергия.

### 3.4. Оптимизация за максимална продължителност на полета

Такава оптимизация се извършва, за да се осигури максимално време на престой във въздуха, което е необходимо при мисии за наблюдение и дежурство във въздуха.

## 4. Определяне на основните параметри на конвенционални самолети

При съществуващите методи за концептуално проектиране основните параметри на конвенционалните самолети се определят както следва [4]:

- Излетна маса  $m_0$  – представя се като сума от основните маси на самолета, които като първо приближение се определят по статистически данни;

- Крилно натоварване ( $p = m_0 / S$ ) – в почти всички случаи се определя от условията за излитане и кацане и то е по-ниско от оптималното за крейсерския полет;

- Тяговъоръженост ( $\bar{F} = F_0 / m_0$ ) или енерговъоръженост ( $\bar{P} = P_0 / m_0$ ) – обикновено се определя от условията за излитане и набор на височина;

- Площта на крилото  $S$  се определя от излетната маса и избраното крилно натоварване, при което тя е значително по-голяма, отколкото необходимата за крейсерския полет

- Коефициент на подемната сила при крейсерска скорост се определя по формулата:

$$C_{L_{cr}} = \frac{2p_c g}{(\rho a^2 M^2)_{cr}} \quad (2)$$

където:

$C_{L_{cr}}$  – коефициент на подемната сила при крейсерски режим;

- Избира се такъв профил на крилото, който има максимално качество за определения  $C_{L_{cr}}$ .

При съвременните конвенционални самолети  $C_{L_{cr}}$  се движи в границите от 0,5 до 0,7.

## 5. Особенности при определянето на основните параметри на VTOL електрически самолети

Може да се приеме с достатъчна точност, че при изцяло електрическите самолети масата не се променя по време на полета и затова крейсерския полет ще се изпълнява на зададената височина с постоянна скорост.

При VTOL самолетите може да се избере оптималното за крейсерския режим крилно



натоварване, тъй като то не оказва влияние върху режимите на излитане и кацане:

$$W = mg = L = C_L S \frac{\rho V^2}{2} = C_L S \frac{\rho \alpha^2 M^2}{2} \quad (3)$$

$$p = \frac{m}{S} = C_{L_{cr}} \frac{(\rho \alpha^2)_{cr} M_{cr}^2}{2g} \quad (4)$$

където:

$L$  – подъемна сила  $N$

$M_{cr}$  – число на Mach при крейсерски режим.

Височината и скоростта на крейсерския полет се задават в началното задание за проектиране и от формула (4) се вижда, че избора на крилното натоварване ще се определи от стойността на коефициента на подъемната сила на самолета при режим на крейсерски полет.

Формулата на Бреге за определяне на разстоянието при крейсерски полет за електрически самолети може да се изведе от формулата за извършената работа по време на полета:

$$FR = E \eta_{tot} \quad (5)$$

$$R = \frac{e}{g} \eta_{tot} \frac{C_L}{C_D} \bar{m}_b \quad (6)$$

където:

$\frac{C_L}{C_D}$  – аеродинамично качество;

$e = E/m_b$  – специфична енергия на батериите  $MJ/kg$

$E$  – енергия на батериите  $MJ$

$F$  – тяга  $N$

$m_b$  – маса на батериите  $kg$

$\bar{m}_b = m_b/m$  – относителна маса на батериите

$R$  – дистанция на полета  $m$ .

При известни  $\bar{m}_b, e$  и  $\eta_{tot}$  максималното разстояние при крейсерски полет ще се достигне при полет с ъгъл на атака, при който самолетът има максимално качество.

За експериментални изследвания на VTOL електрически самолет беше създаден

технологичен демонстратор – безпилотен самолет със съчленено крило (Фиг. 4).



Фиг. 4. Технологичен демонстратор на електрически VTOL самолет със съчленено крило

## 6. Заключение

Електрическите VTOL самолети притежават предимства, които ще позволят те да заемат все по-голяма част от авиационния парк.

Използваният в доклада подход може да се използва при избора на оптимални параметри при проектирането на такива ЛА, както и на оптимални режими на изпълняваните мисии при летателната им експлоатация.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.acare4europe.com/sites/acare4europe.org/files/document/Brochure%20ACARE.PDF>
2. Torenbeek E. (2013). *Advanced Aircraft Design: Conceptual Design, Technology and Optimization of Subsonic Civil Airplanes*, 436 p. JohnWiley & Sons Ltd., Chichester, UK
3. Stengel R. (2004). *Flight Dynamics*, 845 p. Princeton University Press, Princeton.
4. Зафиров Д.И. (2014). *Проектиране на летателните апарати (концептуален подход)*, 258 стр. Автоспектър, Пловдив.
5. Панайотов Х. П. и Зафиров Д. И. (2014). *Ръководство за курсово проектиране на летателни апарати*, 73 стр. Автоспектър, Пловдив.
6. Panayotov H. P. and Stoyanov P. (2009). Calculation of Joined-Wing Aerodynamic Center Location. *Journal of Technical University – Sofia, branch Plovdiv*, volume (14), 387 - 392.

7. Hadjiev Jordan and Panayotov H. P. (2013). Comparative Investigation of VLM Codes for Joined-Wing Analysis. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, volume (02 Issue 12), 478 - 482.

Department of Transport Technique and  
Technology  
Technical University--Sofia, Plovdiv branch  
25, Tz. Djustabanov str.  
4000 Plovdiv  
Bulgaria  
E-mail: zafirov@tu-plovdiv.bg



## ИЗБОР НА КРИЛЕН ПРОФИЛ ЗА ВЕРТИКАЛНО ИЗЛИТАЩ И КАЦАЩ ЕЛЕКТРИЧЕСКИ САМОЛЕТ

ДИМО ЗАФИРОВ

**Резюме:** Предложен е подход за избор на профили на крилата на вертикално излитащи и кацащи самолети с електрически двигатели. Анализирани са различията от подходите при избор на профили за крила на конвенционални самолети. Като основни критерии за избора се използват енергийната и икономическата ефективност при спазване на екологичните изисквания, които са обединени в единен критерий за избор на крилен профил за разглеждания тип самолети.

**Ключови думи:** самолет с вертикално излитане и кацане, VTOL, избор на крилен профил, самолет с електрически двигател, самолет със съчленено крило.

## SELECTION OF A WING PROFILE FOR VERTICAL TAKEOFF AND LANDING ELECTRIC PLANE

DIMO ZAFIROV

**Abstract:** An approach for the selection of airfoil on the wings of vertical takeoff and landing aircraft with electric motor. Analyzed are the differences of approaches to choice of airfoils for wings of conventional aircraft. The main criteria for selecting energy use and economic efficiency in meeting the environmental requirements that are integrated into a single criterion for the choice of wing profile for the vertical takeoff and landing aircrafts.

**Key words:** vertical takeoff and landing aircraft, VTOL, wing airfoil, electric plane, joined wing.

### 1. Въведение

Излитането и кацането са кратки етапи от изпълнението на мисията на самолетите. Независимо от това, те определят до голяма степен решенията за избор на схема и параметри, които се вземат в процеса на концептуалното проектиране на ЛА. Съществува голяма необходимост от изпълнение на мисии, както за военни, така и за граждански цели, при които ЛА излита, каца вертикално и виси неподвижно във въздуха. Всички създадени до момента VTOL самолети, обаче имат значително по-ниско аеродинамично, икономическо и екологично

съвършенство от останалите конвенционални самолети (Фиг. 1).

Изборът на крилен профил при концептуалното проектиране на самолетите е ключов момент, защото от него зависят основните летателни характеристики.

Изцяло електрическите самолети се появиха едва преди няколко години, но се развиват много бързо, защото притежават редица предимства като: екологичност, икономичност и лесно обслужване (Фиг. 2). През 2014 година беше демонстриран такъв самолет (E-Fan), проектиран в Airbus, серийното производство на който ще започне през 2018 година.

Очакваното бързо развитие на VTOL електрически самолети мотивира автора да извърши изследвания и предложи алгоритъм за избор на крилен профил в процеса на концептуалното им проектиране.

## 2. Определяне на основните параметри на конвенционални самолети

При съществуващите методи за концептуално проектиране основните параметри на конвенционалните самолети се определят както следва [1, 2]:

- Излетна маса  $m_0$  – представя се като сума от основните маси на самолета, които като първо приближение се определят по статистически данни;

- Крилно натоварване ( $p = m/S$ ) – в почти всички случаи се определя от условията за излитане и кацане и то е по-ниско от оптималното за крейсерския полет;

- Тяговъоръжеността ( $\bar{P} = P/m_0$ ) или енерговъоръжеността ( $\bar{F} = F/m_0$ ) – обикновено се определят от условията за излитане и набор на височина;

- Площта на крилото  $S$  се определя от излетната маса и избраното крилно натоварване, при което тя е значително по-голяма, отколкото необходимата за крейсерския полет

- Коефициентът на подъемната сила при крейсерска скорост се определя по формулата:

$$C_{L_{cr}} = \frac{2p_{cr}g}{(\rho\alpha^2 M^2)_{cr}} \quad (1)$$

където:

$a$  – скорост на звука  $m/s$

$C_{L_{cr}}$  – коефициент на подъемната сила при крейсерски режим

$g$  – земно ускорение  $m/s^2$

$M$  – число на Mach

$p_{cr}$  – крилно натоварване при крейсерски режим  $kg/m^2$

$\rho$  – плътност на въздуха  $kg/m^3$

- Избира се такъв профил на крилото, който има максимално качество за определения  $C_{L_{cr}}$ .

При съвременните конвенционални самолети  $C_{L_{cr}}$  се движи в границите от 0,5 до 0,7.

## 3. Особенности при определянето на основните параметри на VTOL електрически самолети

При конвенционалните самолети един от основните относителни параметри - крилното натоварване  $p$  се определя основно от условията за излитане и кацане, което не позволява той да бъде оптимален при най-продължителната част от полета – крейсерския режим.

При VTOL самолетите може да се избере оптималното за крейсерския режим крилно натоварване, тъй като то не оказва влияние върху режимите на излитане и кацане:

$$W = mg = L = C_L S \frac{\rho V^2}{2} = C_L S \frac{\rho \alpha^2 M^2}{2} \quad (2)$$

$$p = \frac{m}{S} = C_{L_{cr}} \frac{(\rho \alpha^2)_{cr} M_{cr}^2}{2g} \quad (3)$$

където:

$C_L$  – коефициент на подъемната сила

$C_{L_{cr}}$  – коефициент на подъемната сила

при крейсерски режим

$L$  – подъемна сила  $N$

$m$  – маса  $kg$

$S$  – крилна площ  $m^2$

$V$  – въздушна скорост на полета  $m/s$

$W$  – тегло  $N$

Височината и скоростта на крейсерския полет се задават в началното задание за проектиране и от формула (2) се вижда, че избора на крилното натоварване ще се определи от стойността на коефициента на подъемната сила на самолета.

Формулата на Бреге за определяне на разстоянието при крейсерски полет за електрически самолети може да се представи по следния начин:

$$FR = DR = E\eta_{sum} \quad (3)$$

$$R = \frac{E}{D} \eta_{sum} \quad (4)$$

$$W = mg = L = C_L S \frac{\rho V^2}{2} = C_L S \frac{\rho \alpha^2 M^2}{2} \quad (5)$$

$$R = \frac{L}{D} \frac{e \eta_{sum}}{g} \bar{m}_b \quad (6)$$

където:

$D$  – сила на челно съпротивление  $N$

$e$  – енергийна плътност на батериите

$MJ/kg$

$E$  – енергия на батериите  $MJ$



$m_b$  – маса на батериите  $kg$

$\bar{m}_b = m_b/m_0$  – относителна маса на

батериите  $kg$

$R$  – дистанция на полета при крейсерски режим  $m$

$\eta_{sum}$  – сумарен коефициент на полезно действие

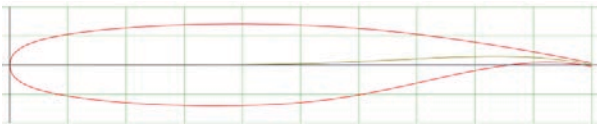
Максималното разстояние при крейсерски полет ще се достигне при полет с ъгъл на атака, при който самолетът има максимално качество.

При крейсерски режим:

$$\frac{m}{S} = C_{L_{cr}} \frac{(\rho \alpha^2)_{cr} M_{cr}^2}{2g} \quad (7)$$

При съществуващите конвенционални пътнически самолети с крейсерски режим при височина 11 000 m и  $M=0,85 C_{L_c}$  се движат в диапазона от 0,5 до 0,7, при който аеродинамичното качество на най-добрите от тях е около 20, при максимално качество на профила на крилата им от 75 до 90. Техните профили са суперкритични (Фиг. 3) за да се избегне появянето на местни скокове на уплътнение, но те обикновено имат ниско максимално качество.

Предвижда се при бъдещите самолети за средни разстояния по екологични съображения да се ограничи числото на Mach при крейсерска скорост до 0,72. Това ще позволи да се използват профили с по-високо максимално аеродинамично качество при по-високи стойности на  $C_{L_{cr}}$ , без опасност от възникване на местни скокове на уплътнение.



Фиг. 1. Свръхкритичен профил NASA SC (2) 0414

При по-висока стойност на  $C_{L_c}$  ще се използва крило с по-малка площ и следователно с по-малка маса. Можем да обединим изискванията за максимални крейсерски качество и коефициент на подемната сила в следния критерий за избор на оптимален крилен профил за електрически VTOL самолет:

$$\left(\frac{L}{D}\right)_{cr} C_{L_{cr}} = \frac{C_{L_{cr}}^2}{C_{D_{cr}}} = \max \quad (8)$$

където:

$C_{D_{cr}}$  – коефициент на силата на челно съпротивление при крейсерски режим

#### 4. Алгоритъм за избор на крилен профил при концептуалното проектиране на VTOL електрически самолети

При концептуалното проектиране на VTOL електрически транспортни самолети за средни разстояния изборът на крилен профил може да се извърши по описания по-долу алгоритъм.

В началното задание на самолета са определени крейсерските разстояние  $R$ , височина  $H$  и число на Mach  $M$ .

От каталожните данни на използваните батерии се вземат стойността на енергийната им плътност  $e$ .

В базите данни за крилни профили се търсят такива, които имат голяма стойност на аеродинамичното качество  $L/D$  при висока стойност на  $C_{L_{cr}}$ . Такива са ламинарните профили с голяма кривина.

По високата стойност на  $C_{L_c}$  позволява да се минимизира площта на крилото, а оттам и минимизиране на масата на конструкцията, както и масата на батериите.

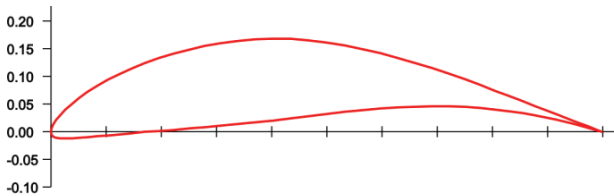
Приложението на предложени алгоритъм се разглежда в примера по-долу.

Избира се крилен профил за електрически VTOL самолет. От базите данни за крилни профили [4, 5] се подбират профили с високо аеродинамично качество при висок коефициент на подемната сила. В Табл. 1. са нанесени данни за характеристиките на три такива профила.

Таблица 1. Основни характеристики на разглежданите профили

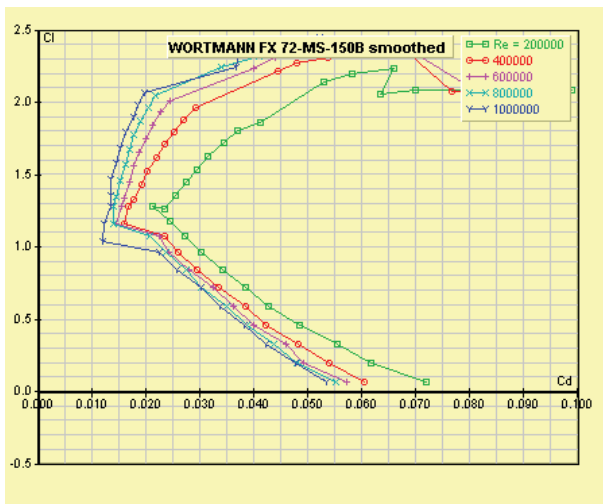
Профил	L/D	$C_L$	$\alpha^\circ$	$\alpha_{max}^\circ$
FX 72 MS 150A	160	1,8	7,5	1,9
FX 72 MS 150B	154,4	2	7,5	2,55
EPLER 421	141,1	1,5	7,25	2,1

След анализ на трите профила избираме профил Wortmann FX 72 MS 150B (Фиг. 2), който има максимална стойност по предложени критерий.



Фиг. 2. Крилен профил FX 72 MS 150B

Избраният крилен профил има максимално аеродинамично качество при  $C_{Lc} = 2$  [7], което ще позволи площта на крилото да е 4 пъти по-малка, отколкото самолет с коефициент  $=0,5$  и следователно ще има по-малка маса.



Фиг. 3. Поляра на профила

От Фиг. 3 се определя максималното качество на крилния профил, което е 160.

Коефициентът на момента на този профил е много голям, което при нормална схема би довело до голямо балансирувщо съпротивление. При балансирувчна схема съчленено крило (Фиг. 4) обаче това може да се избегне, като се подбере правилно отношението на площите на предното и задните крила [3].



Фиг. 4. VTOL електрически безпилотен самолет със съчленено крило

## 5. Заключение

Самолетите в вертикално излитане и кацане притежават предимства, които ще позволят те да заемат все по-голяма част от авиационния парк. Предложеният в статията алгоритъм ще позволи да се избира при концептуалното им проектиране крилен профил, който да осигури най-добри полетни характеристики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зафиров Д.И. (2014). *Проектиране на летателните апарати (концептуален подход)*, 258 стр. Автоспектър, Пловдив.
2. Панайотов Х. П. и Зафиров Д.И. (2014). *Ръководство за курсово проектиране на летателни апарати*, 73 стр. Автоспектър, Пловдив.
3. Panayotov H. P. and Stoyanov P. (2009). Calculation of Joined-Wing Aerodynamic Center Location. *Journal of Technical University – Sofia, branch Plovdiv*, volume (14), 387 - 392.
4. <http://www.propdesigner.co.uk>
5. <http://airfoiltools.com>
6. Hadjiev Jordan and Panayotov H. P. (2013). Comparative Investigation of VLM Codes for Joined-Wing Analysis. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, volume (02 Issue 12), 478 - 482.
7. [http://library.propdesigner.co.uk/html/fx\\_72\\_1\\_5b\\_characteristics.html](http://library.propdesigner.co.uk/html/fx_72_1_5b_characteristics.html)

Department of Transport Technique and Technology  
Technical University--Sofia, Plovdiv branch  
25, Tz. Djustabanov str.  
4000 Plovdiv  
Bulgaria  
E-mail: [zafirov@tu-plovdiv.bg](mailto:zafirov@tu-plovdiv.bg)



## ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ОГЪВАЩИТЕ ТРЕПТЕНИЯ НА ОПАШЕН ВАЛ ОТ ТРАНСМИСИЯ НА ЕДНОВИТЛОВ ВЕРТОЛЕТ

АНГЕЛИНА ЧОЖГОВА

**Резюме:** Построяването на адекватни математически модели на сложни динамични обекти от авиационната техника е свързано с определяне на редица параметри, както на установени, така и на преходни режими на работа. Един от най-важните въпроси представлява определянето на огъващите трептения на трансмисията на вертолета.

**Ключови думи:** вертолет, трансмисия, огъващи трептения

## DETERMINATION OF BENDING VIBRATIONS OF THE TAIL ROTOR SHAFTING OF A SINGLE- ROTOR HELICOPTER

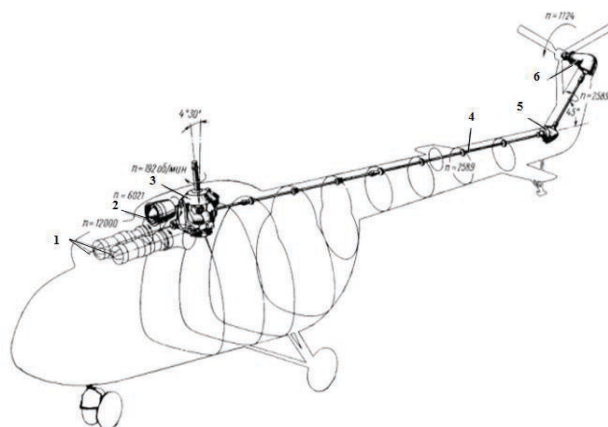
ANGELINA CHOZHGOVA

**Abstract:** Construction of adequate mathematical models of complex dynamic objects of aviation equipment is connected to the determination of a number of parameters, both established and transitional modes. One of the most important issues is a determination of the bending vibrations of the helicopter transmission.

**Key words:** helicopter, transmission, bending vibrations

### 1. Въведение

Съвкупността от агрегати, предаващи мощността (въртящият момент) от двигателя (двигателите) към носещото и опашно витло, устройствата за управление и спомагателните агрегати се нарича трансмисия на вертолета. Основни агрегати на механичната трансмисия са главния редуктор, междинния редуктор, опашния редуктор, опашния вал на трансмисията, спирачката на носещото витло (НВ), предавки към вентилатора и главните валове. На Фиг. 1 е показана схема на трансмисия на едновитлов вертолет Ми-8 с два газотурбинни двигателя. Трансмисията трябва да бъде проектирана и произведена така, че по време на експлоатация в очакваните условия за целия жизнен цикъл, нейните критични откази (водещи до катастрофални ситуации) да съответстват на изискванията за безопасност на полетите [1].



**Фиг. 1.** Схема на трансмисия на вертолет:  
1 – вал за задвижване на вентилатора;  
2 – главен редуктор; 3 – спирачка на НВ; 4 –  
междинен редуктор; 5 – опашен  
редуктор; 6 – опашен вал

Конструкцията на трансмисията трябва да осигурява възможност за обслужване и смяна на агрегатите и елементите в съответствие с изискванията на ръководствата за техническо обслужване.

Експлоатационната надеждност на вертолета в голяма степен се определя от експлоатационната надеждност на неговата трансмисия. Някои от изискванията, които се предявяват към нея са следните: ниски стойности на шума и вибрациите при всички режими на полета, деформациите на конструкцията да не оказват влияние върху елементите на трансмисията и др. Всичко това определя изследването на огъващите трептения на опасната трансмисия, като значима задача [2].

## 2. Валове на трансмисията

Валовите на трансмисията условно могат да се разделят на три групи:

- за предаване на мощност от двигателя към редуктора на носещото витло;
- за предаване на мощност към опасното витло, синхронизиращи валове и т.н.;
- за задвижване на спомагателни агрегати на енергетичната двигателна система на вертолета (вентилатори, задвижване на агрегати от електрическата, маслената и хидравличната системи).

Механизмът на възникване на вибро-акустичен процес в агрегатите на трансмисията на вертолета има специфични особености, които се определят от вътрешни и външни фактори, предизвикани от динамичните режими на работа – излитане, кацане и др. В резултат в механичната система на трансмисията възниква комплекс от взаимно свързани вибрационни процеси, условно разделени на принудителни, свободни, параметрични и нелинейни. Методите за разделяне на източниците на вибрации на вертолета при диагностициране на вибрациите на вертолета има редица специфични въпроси, които изискват задълбочено проучване [3].

В общия случай натоварването на валовите на трансмисията се определя от следните видове натоварвания:

- усукващи (постоянни и променливи) – основно натоварване, които определят геометричните параметри на валовите;
- огъващи (постоянни и променливи);
- надлъжни на опън;
- вибрационни натоварвания;
- температурни натоварвания.

Статичната (постоянната) част от напреженията на усукване се определят от предавания момент  $M_{ус}$ , а променливата част – от

усукващите трептения от работата на двигателя, редукторите и витлата [4, 5].

## 3. Огъващи трептения на опасната трансмисията

### 3.1. Огъващи трептения на опасен вал с опори

Опасният вал служи за предаване на въртящия момент от главния редуктор, чрез междинния и опасния редуктор към опасното витло. Главният и междинният редуктори се свързват чрез дълга хоризонтална част на опасния вал, а междинният и опасният – чрез междинния вал. Опасният вал се състои от няколко тръби, свързани по между си с шлицеви или карданни съединители и има опори (Фиг. 1), чрез които той се закрепва към тялото на вертолета. Опорите се закрепват към рамките на тялото, опасната и крайната греда. В опората на опасния вал има гнездо, в което върху гумена гривна се монтира лагера. Гумената гривна служи за компенсация на пречупването на оста на вала, възникващо поради неточности при монтажа на опорите, а също така е амортизиращ елемент, възприемащ напречните трептения на вала.

Още в процеса на проектиране на вертолета при пресмятане на огъващите трептения на трансмисията към опасния редуктор трябва да бъде спазено условието честотата на собствените огъващи трептения на вала да не съвпадат със стойността на оборотите му и със стойността на оборотите на опасното витло [1].

Трансмисията на опасното витло за избрания пример (фиг. 1.) представлява цялостен многоопорен вал, като опорните сачмени лагери са пресовани в гумени втулки. Въпреки еластичното пресоване на опорните лагери с достатъчна за практиката точност изчисленията могат да бъдат извършени като пресмятане на 6-елементен вал с твърди опори (Фиг. 2).

Уравнението на собствените трептения на греда с твърди шарнирни опори с използване на метода на деформациите може да се запише по следния начин:

$$f_{k-1}^I a_{k,k-1} + f_k^I a_{k,k} + f_{k+1}^I a_{k,k+1} = 0, \quad (1)$$

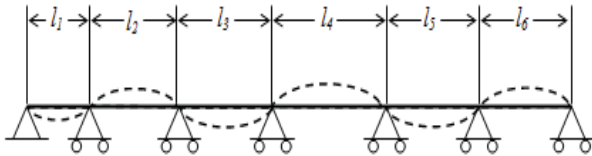
където:  $f^I$  е ъгълът на завъртане на сечението.

$$\left. \begin{aligned} a_{k,k-1} &= iH(a_k); \\ a_{k,k} &= i_k F(a_k) + i_{k+1} F(a_{k+1}); \\ a_{k,k+1} &= i_{k+1} H(a_{k+1}). \end{aligned} \right\} \quad (2)$$



където: 
$$i_k = \frac{EI}{l_k}; i_{k+1} = \frac{EI}{l_{k+1}}$$

$$\left. \begin{aligned} H(\alpha) &= \frac{sh\alpha - \sin\alpha}{1 - \cos\alpha} \alpha; \\ F(\alpha) &= \frac{\sin\alpha ch\alpha - sh\alpha \cos\alpha}{1 - \cos\alpha} \alpha. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$



Фиг. 2. Схема на шест елементен вал с твърди опори

Тъй като крайните опори на гредата са шарнирни трябва да се има предвид, че следните членове в уравнение (1) ще са равни на нула:

- за първия възел от лявата опора:

$$f'_{k-1} \alpha_{k,k-1} = 0$$

- за последния възел пред лявата опора:

$$f_{k+1} \alpha_{k,k+1} = 0$$

Освен това, за първия възел от лявата опора коефициентът  $\alpha_{k,k}$  вместо (2) може да бъде записан:

$$\alpha_{1,1} = i_1 \Phi(\alpha_1) + i_2 F(\alpha_2), \quad (4)$$

а за последния възел пред дясната опора:

$$\alpha_{k,k} = i_k F(\alpha_k) + i_{k+1} \Phi(\alpha_{k+1}), \quad (5)$$

където 
$$\Phi(\alpha) = \frac{2\alpha}{ch\alpha - ctg\alpha}, \quad (6)$$

а  $F(\alpha)$  се определя по формула (3).

Сумата от моментите, действащи в един отделен възел (място на разполагане на опората) е равен на нула, което е показано в уравнение (1). Тъй като за всеки възел се описва едно уравнение, то за  $n$  на брой възли системата ще се състои от  $n$  на брой уравнения.

Стойностите на функциите  $H(\alpha)$ ,  $F(\alpha)$  и  $\Phi(\alpha)$  се определят по формули (3) и (6) за стойностите на аргумента  $\alpha = (0 \div 10)rad$  и могат да бъдат взети от технически справочници.

### 3.2. Огъващи трептения на шарнирно съчленен вал

В някои случаи за целите на конкретно изследване може да не се извършват точни изчисления на вала като многоопорна греда. В такива случаи гредата може да се разгледа като съставена от определен брой шарнирно свързани помежду си елементи. Основание за това дава фактът, че формата на трептенията на основния тон за многоелементната греда е близка до формата на трептенията на всеки елемент, който се разглежда като греда закрепена на две шарнирни опори [4, 6].

Ако дължините на отделните елементи на вала са еднакви, то честотата на трептенията на основния тон на многоелементния вал точно ще съответства на честотата на трептенията на основния тон на вала с две шарнирни опори в края, дължината на когото е равна на дължината на един елемент от многоопорния вал.

Честотата на трептенията на основния тон в този случай се определя по формулата:

$$\nu = 8,8 \frac{\alpha^2}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{m}}, \quad (7)$$

където:  $l$  е дължината на елемента;

$EI$  – коравина на вала при огъване;

$m = \frac{q}{g}$  - относителната маса на гредата

(където  $q$  – относително линейно тегло,  $g$  – земно ускорение).

При неравни дължини на многоопорния вал може да се определи честотата на трептенията на основния тон по същата формула, като приемаме  $l$  равна на най-голямата дължина на елемента. В резултат се получават няколко по-малки честоти отколкото честотите на трептенията на основния тон на многоопорния вал. Ако се окаже, че тази честота е по-голяма от оборотите на вала, а също и по-голяма от оборотите на опасното витло, то условията за несъвпадане на честотите напълно ще се изпълни, тъй като за сметка на по-малката дължина в действителност честотата ще бъде още по-голяма. Ако това условие не се изпълнява е необходимо да се извърши проверка по метода на деформациите [7].

При определени пресмятания съществува възможност за пренебрегване на еластичността на опорите на вала на трансмисията при пресмятане на огъващите трептения. При пресмятане на честотите на огъващите трептения на вала на трансмисията към опасното витло, съответстваща на схемата на Фиг. 1, беше направено допускане, че опорите на вала са

твърди, независимо от факта, че всеки опорен лагер е пресован в термично обработена гумена втулка с определени геометрични размери. Такова допускане се обосновава със следните доводи:

В дадения случай – на гумения пръстен,  $\omega$  се определя по формулата:

$$\omega = \frac{E_{\text{гум}} F}{\delta}, \quad (8)$$

където:  $E_{\text{гум}}$  – модул на еластичност на гумата;

$F - dh$  – площ на свиване на пръстена;

$\delta = \frac{D-d}{2}$  – дебелина на пръстена.

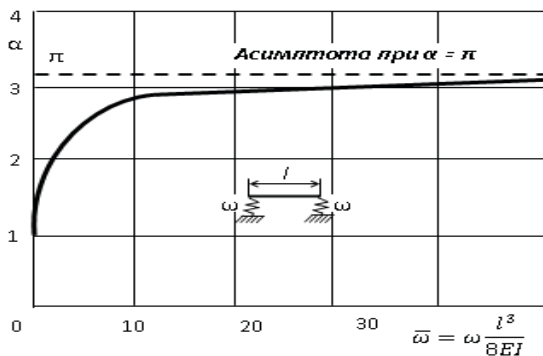
В разглеждания случай при стойности  $E_{\text{гум}} = 100 \text{ kg/cm}^2$ , получаваме  $\omega = 1200 \text{ kg/cm}$ .

По нататък приблизително определяме честотата на трептенията на основния тон на многоелементния вал, като всеки елемент се разглежда като греда на две еластични опори.

Трептенията на основния тон на посочената греда имат симетрична форма.

Честотата на трептенията на греда върху две еластични опори се определя по формула (7) [5, 8].

Тук за симетрични трептения на основния тон  $\alpha$  се определят от графиката на Фиг. 3, където  $\varpi = \omega \frac{l^3}{8EI}$ ,  $EI$  – коравина на гредата при огъване,  $l$  – дължина на гредата. За разглеждания от нас случай  $l = 125 \text{ cm}$ ,  $EI = 2,2 \cdot 10^6 \cdot 1,36 = 2,99 \cdot 10^6 \text{ kgcm}^2$ ,  $\omega = 1200 \text{ kg/cm}$ . Следователно  $\varpi = 98$ .



Фиг. 3. Относителна коравина на опорите в зависимост от ъгъл  $\alpha$

Анализът на графиката на Фиг. 3 показва, че при  $\varpi = 50$  стойността на  $\alpha$  е близка до стойността на  $\pi$ , тъй като при  $\alpha = \pi$  съответства на корена на уравнението на честотата на трептения на гредата на две твърди

шарнирни опори в краищата, то следователно, с достатъчна за практиката точност в посоченият случай може да се пресметне многоопорния вал без отчитане еластичността на опорите.

#### 4. Заключение

Определянето на огъващите трептения на опасните валове от трансмисията при различни режими на полета е актуален проблем, тъй като някои режими водят до създаване на допълнителни моменти и значително натоварване на конструкцията на вертолета.

Пресмятанията на огъващите трептения на опасните валове позволяват да се определи диапазона на критичните стойности и да се препоръчат конкретни действия на пилота за тяхното недопускане.

#### 5. Благодарност

Работата беше финансирана от Вътрешен проект към ТУ София за подкрепа на докторанти 142ПД0024-24/27.03.2014г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов В.А. (1988). Вертолет Ми-8. Устройство и техническое обслуживание. „Транспорт“. Москва.
2. Илиев В., Радусев Р. (1999). Летателни апарати. Хеликоптери. Катедра Въздушен транспорт. София.
3. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний. М.: Высшая школа, 1980.-408 с.
4. Bishop R.E.D., Johnson D.C. (1960). The Mechanics of Vibration, Cambridge, Univ. press, XII. 592 p.
5. Владов М., Сотиров Г., Добров Д. (2012). Методика за прогнозиране на остатъчния ресурс на носещия винт на вертолета, Хемус, ISSN 1312-2916, стр. 132-138.
6. Church A.H. (1957). Mechanical Vibrations, New York, John Wiley & Sons, Inc.
7. Hansen H.M. and Chenea P.F. (1956). Mechanics of Vibration, New York, John Wiley & Sons, Inc.
8. Baychev, I. Fixed-Hinged Beam Finite Elements used for Dynamic Analysis of Frames. Mechanics Research Communications, New York, vol. 23, № 2/96.

Адрес: Department of Transport and Aircraft Equipment and Technologies  
 Technical University – Sofia, Branch Plovdiv  
 25 Tsanko Diustabanov St.  
 E-mail: angelinachozhgova@gmail.com



## ОПРЕДЕЛЯНЕ НА УСУКВАЩИТЕ ТРЕПТЕНИЯ НА ВЕРТОЛЕТНА ТРАНСМИСИЯ

АНГЕЛИНА ЧОЖГОВА, НИКОЛАЙ ЗАГОРСКИ

**Резюме:** Построяването на адекватни математически модели на сложни динамични обекти от авиационната техника е свързано с определянето на редица параметри, както на установени, така и на преходни режими на работа. Един от най-важните въпроси представлява определянето на усукващите трептения на трансмисията на вертолета.

**Ключови думи:** вертолет, трансмисия, усукващи трептения

## DETERMINATION OF TORSIONAL VIBRATION OF HELICOPTER TRANSMISSION

ANGELINA CHOZHGOVA, NIKOLAY ZAGORSKI

**Abstract:** Construction of adequate mathematical models of complex dynamic objects of aviation equipment is connected to the determination of a number of parameters, both established and transitional modes. One of the most important issues is a determination of the torsional oscillations of the helicopter transmission.

**Key words:** helicopter, transmission, torsional vibrations

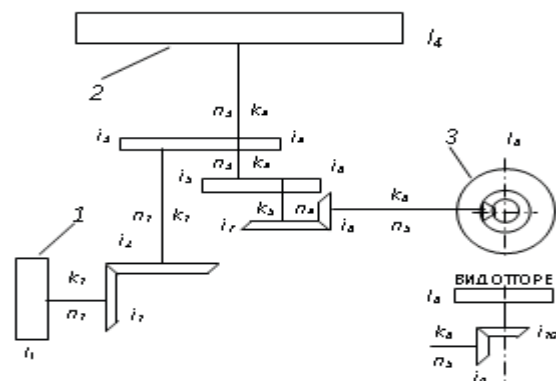
### 1. Въведение

В настоящо време построяването на адекватни математически модели на сложни динамични обекти от авиационната техника представлява необходим етап при създаване на съвременни и перспективни системи за управление, включително и системи с пълна отговорност [1, 7]. Такъв обект представлява вертолетната енергетична двигателна система, състояща се от газотурбинни двигатели (ГТД) със свободна турбина, носещо витло, трансмисия и опашно витло. Основен въпрос при такива енергетични двигателни системи се явява определяне на усукващите трептения на трансмисията.

### 2. Усукващи трептения на трансмисията

Собствените честоти на усукващите трептения на трансмисията на вертолета може да се изчислят, като се състави еквивалентна

динамична система от валове, съединени със зъбни предавки.

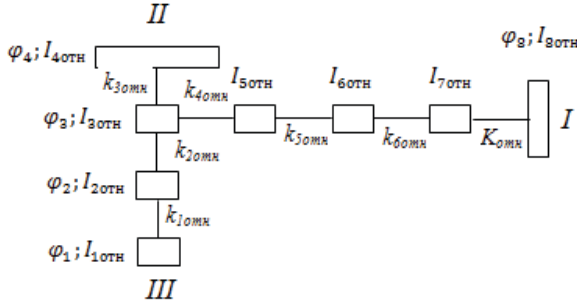


**Фиг. 1.** Механична схема на енергетична двигателна система, състояща се от: 1 – свободна турбина на ГТД; 2 – носещо витло; 3 – опашно витло

Механична схема на вертолетна енергетична двигателна система е показана на

фиг. 1. Системата се състои от свободна турбина на газотурбинен двигател, трансмисия, носещо и опашно витло.

Представената на фиг. 1. схема може да бъде заменена с динамична еквивалентна система, която се състои от шест звена и две витла, както това е показано на фиг. 2.



Фиг. 2. Динамична еквивалентна енергетична двигателна система, състояща се от шест звена и две витла

При преминаване към динамична еквивалентна система трябва да се определят относителните масови инерционни моменти на звената и относителната коравина на участъците с валове [2, 3, 6]. Коравината при усукване  $k$  на участък от вала е свързана с модула на еластичност  $E$ , полярният инерционен момент  $I_p$  и дължината на разглеждания участък  $l$  в следната зависимост:

$$k = \frac{EI_p}{l}. \quad (1)$$

Инерционният момент на първата маса е равен на  $I_1$  (в дадения случай  $I_1$  – инерционен момент на въртящите се части на свободната турбина на ГТД), а относителните инерционни моменти на другите маси могат да бъдат описани като:

$$I_{2\text{отн}} = i_1 + i_2 \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2; \quad (2)$$

$$I_{3\text{отн}} = i_3 \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2 + i_4 \left( \frac{n_3}{n_1} \right)^2; \quad (3)$$

$$I_{5\text{отн}} = i_7 \left( \frac{n_3}{n_1} \right)^2 + i_6 \left( \frac{n_4}{n_1} \right)^2; \quad (4)$$

$$I_{6\text{отн}} = i_7 \left( \frac{n_4}{n_1} \right)^2 + i_8 \left( \frac{n_5}{n_1} \right)^2; \quad (5)$$

$$I_{7\text{отн}} = i_9 \left( \frac{n_5}{n_1} \right)^2 + i_{10} \left( \frac{n_6}{n_1} \right)^2; \quad (6)$$

$$I_{8\text{отн}} = I_8 \left( \frac{n_6}{n_1} \right)^2, \quad (7)$$

където:  $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5$  и  $n_6$  са обороти на съответните участъци на вала, като  $n_1$  са оборотите на свободната турбина на двигателя,

$n_3$  – обороти на носещото витло,  $n_6$  – обороти на опашното витло;  $i_1, i_2, i_3, \dots, i_{10}$  – инерционни моменти на зъбните колела,

$I_{8\text{отн}}$  – относителен масов инерционен момент на опашното витло;  $I_8$  – масов инерционен момент на опашното витло [3, 5].

Коравината на първия участък от трансмисията (вала на свободната турбина на двигателя) е  $k_1$ , а относителната коравина на другите участъци може да бъде определена като:

$$\left. \begin{aligned} k_{2\text{отн}} &= k_2 \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2; k_{3\text{отн}} = k_3 \left( \frac{n_3}{n_1} \right)^2; \\ k_{4\text{отн}} &= k_4 \left( \frac{n_3}{n_1} \right)^2; k_{5\text{отн}} = k_5 \left( \frac{n_4}{n_1} \right)^2; \\ k_{6\text{отн}} &= k_6 \left( \frac{n_5}{n_1} \right)^2; k_{7\text{отн}} = k_7 \left( \frac{n_6}{n_1} \right)^2. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

където:  $k_1, k_2, \dots, k_7$  е коравината на съответните участъци от валове на трансмисията (фиг. 1).

Честотата се намира от следният израз:

$$M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 + M_7 + M_8 = 0,$$

където: моментите  $M_i$  се определят от изразите:

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= I_1 \varphi_1 p^2; M_2 = I_{2\text{отн}} \varphi_2 p^2; \\ M_3 &= I_{3\text{отн}} \varphi_3 p^2; M_4 = I_{4\text{отн}} \varphi_4 p^2; \\ M_5 &= I_{5\text{отн}} \varphi_5 p^2; M_6 = I_{6\text{отн}} \varphi_6 p^2; \\ M_7 &= I_{7\text{отн}} \varphi_7 p^2; M_8 = I_{8\text{отн}} \varphi_8 p^2 \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

След като се реши система (9) спрямо ъгловата честота  $p$  може да се запише формулата за определяне на честотата та трептенията [1, 4]:

$$\nu = \frac{3600}{2\pi} p = 81,8 p [s^{-1}] \quad (10)$$

$$\left. \begin{aligned} \varphi_8 &= 1; \varphi_7 = \varphi_8 \left( 1 - \frac{p^2}{k_{7\text{отн}}} I_{8\text{отн}} \right); \\ \varphi_6 &= \varphi_7 - \frac{p^2}{k_{6\text{отн}}} (I_{8\text{отн}} \varphi_8 + I_{7\text{отн}} \varphi_7); \\ \varphi_5 &= \varphi_6 - \frac{p^2}{k_{5\text{отн}}} (I_{8\text{отн}} \varphi_8 + I_{7\text{отн}} \varphi_7 + I_{6\text{отн}} \varphi_6); \\ \varphi_3 &= \varphi_5 - \frac{p^2}{k_{4\text{отн}}} (I_{8\text{отн}} \varphi_8 + I_{7\text{отн}} \varphi_7 + I_{6\text{отн}} \varphi_6 + I_{5\text{отн}} \varphi_5); \\ \varphi_4 &= \frac{\varphi_3}{1 - \frac{p^2}{k_{4\text{отн}}} I_{4\text{отн}}}; \\ \varphi_1 &= \frac{\varphi_3}{\left( 1 - \frac{p^2}{k_1} I_1 \right) \left( 1 - \frac{p^2}{k_{2\text{отн}}} I_{2\text{отн}} \right) - \frac{p^2}{k_{2\text{отн}}} I_1} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

В израза (11)  $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_8$  са амплитудите на усукващите трептения, които могат да бъдат определени по формулите от (11).



За различните I-ви, II-ри и III-ти клон на схемата на Фиг. 2 формулите (11) са получени по описания по-долу начин.

### 2.1. За първи клон

За удобство при изчисленията се приема произволна стойност на амплитудата за някое от звената, например, приемаме  $\varphi_8 = 1$ .

$$\left. \begin{aligned} \varphi_7 &= \varphi_8 \left( 1 - \frac{p^2}{k_{7\text{омн}}} I_{8\text{омн}} \right); \\ \varphi_6 &= \varphi_7 - \frac{p^2}{k_{6\text{омн}}} (I_{8\text{омн}} \varphi_8 + I_{7\text{омн}} \varphi_7); \\ \varphi_5 &= \varphi_6 - \frac{p^2}{k_{5\text{омн}}} (I_{8\text{омн}} \varphi_8 + I_{7\text{омн}} \varphi_7 + I_{6\text{омн}} \varphi_6); \\ \varphi_{3I} &= \varphi_5 - \frac{p^2}{k_{4\text{омн}}} (I_{8\text{омн}} \varphi_8 + I_{7\text{омн}} \varphi_7 + I_{6\text{омн}} \varphi_6 + \\ &+ I_{5\text{омн}} \varphi_5). \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

От системата от уравнения (12) за движението на всяко звено се изразява всяка от амплитудите  $\varphi_7$ ,  $\varphi_6$ , ... и т.н., като последователно се използват стойностите на предшестващите амплитуди  $\varphi_8$ ,  $\varphi_7$ , ... и т.н.

### 2.2. За втори клон

$$\varphi_{3II} = \varphi_8 \left( 1 - \frac{p^2}{k_{3\text{омн}}} I_{4\text{омн}} \right); \quad (13)$$

но тъй като  $\varphi_{3II} = \varphi_{3I}$ , то

$$\varphi_4 = \frac{\varphi_{3I}}{1 - \frac{p^2}{k_{3\text{омн}}} I_{4\text{омн}}} \quad (14)$$

### 2.3. За трети клон

$$\left. \begin{aligned} \varphi_2 &= \varphi_1 \left( 1 - \frac{p^2}{k_1} I_1 \right), \\ \varphi_{3III} &= \varphi_2 - \frac{p^2}{k_{2\text{омн}}} (I_1 \varphi_1 + I_{2\text{омн}} \varphi_2) \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

но тъй като  $\varphi_{3III} = \varphi_{3I}$ , то изразът (12) може да бъде записан по следния начин:

$$\varphi_{3I} = \varphi_2 - \frac{p^2}{k_{2\text{омн}}} (I_1 \varphi_1 + I_{2\text{омн}} \varphi_2).$$

След определянето на  $\varphi_2$  за (15), се получава:

$$\begin{aligned} \varphi_{3I} &= \varphi_1 \left( 1 - \frac{p^2}{k_1} I_1 \right) - \frac{p^2}{k_{2\text{омн}}} \left\{ I_1 \varphi_1 + I_{2\text{омн}} \left[ \varphi_1 \left( 1 - \frac{p^2}{k_1} I_1 \right) \right] \right\} = \\ &= \varphi_1 \left[ \left( 1 - \frac{p^2}{k_1} I_1 \right) \left( 1 - \frac{p^2}{k_{2\text{омн}}} I_{2\text{омн}} \right) - \frac{p^2}{k_{2\text{омн}}} I_1 \right], \end{aligned}$$

откъдето се получава:

$$\varphi_1 = \frac{\varphi_{3I}}{\left( 1 - \frac{p^2}{k_1} I_1 \right) \left( 1 - \frac{p^2}{k_{2\text{омн}}} I_{2\text{омн}} \right) - \frac{p^2}{k_{2\text{омн}}} I_1}$$

## 3. Пресмятане на усукващите трептения на валовете

Да разгледаме същата система, представена на Фиг. 2. Пресмятанията на усукващите трептения на валовете се осъществява в следната последователност.

Първоначално се съставят изразите за амплитудите по формули (11). Тъй като честотата на собствените трептения на отделните валове не зависи от абсолютните стойности на амплитудите на трептенията, а зависи само от техните отношения, за удобство на пресмятането може да се приеме  $\varphi_8 = 1$ .

След това се задават предварително определени приблизителни стойности на ъгловата честота  $p$  и последователно се пресмятат значенията на амплитудите по формулите от (11).

На следващия етап се определя инерционният момент на силите по формулата:

$$M = I \varphi p^2.$$

Максималният инерционен момент при трептенията на съответните (по ред) участъци, като се отчита че трептенията на вала са хармонични, ще бъдат равни на:

$$M_1 = I_1 \varphi_1 p^2.$$

$$M_2 = I_{2\text{омн}} \varphi_2 p^2.$$

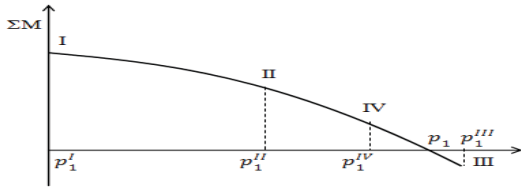
$$M_3 = I_{3\text{омн}} \varphi_3 p^2.$$

$$M_n = I_{\text{ном}} \varphi_n p^2.$$

Стойностите на тези моменти могат да бъдат положителни или отрицателни в зависимост от знака на амплитудата.

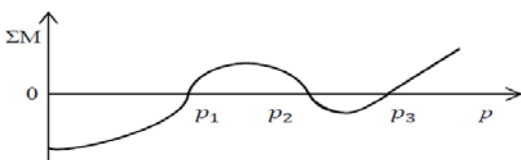
След определяне на стойностите на всички моменти, същите се сумират. Сумата от тези моменти, наричани остатъчни моменти, при собствените трептения на вала трябва да бъдат равни на нула. Ако  $\sum M \neq 0$ , зададената честота  $p$  не е равна на нито една от честотите на собствените трептения на вала. В този случай се задават друга стойност на честотата  $p$  и като се повтарят показаните по-горе пресмятания, отново се определят  $\sum M$  сумарните моменти.

Като се определи няколко пъти сумата от моментите  $\Sigma M$  за различни честоти, се определя честотата при  $\Sigma M = 0$ , която представлява честотата на собствените трептения на вала [1, 2].



**Фиг. 3.** Графика на зависимостта на остатъчният момент  $\Sigma M$  от ъгловата честота на въртене на вала  $p_1$

Да предположим, че приетата честота  $p_1^I$  дава сумата от моменти, които не са равни на нула, т.е.  $\Sigma M \neq 0$ . На графиката на фиг. 3 в точка I се нанася стойността на  $\Sigma M$  за  $p_1^I$ . По нататък се приема стойност  $p_1^{II}$  и се повтаря процесът на пресмятания, като на графиката се нанася стойността на  $\Sigma M$  в точка II (при  $p_1^{II}$ ). Пресмятанията продължават, като се задава стойност  $p_1^{III}$ . Величината  $\Sigma M$  при тази честота получава отрицателна стойност, на графиката се нанася точка III. Очевидно е, че стойността на  $p_1^{III}$  превишава истинската стойност на  $p_1$ . Приемаме за  $p_1^{IV}$ , че  $p_1^{II} < p_1^{IV} < p_1^{III}$  и се провежда още едно пресмятане. Получената стойност на  $\Sigma M$  при тази честота също се нанася на графика. всички точки се съединяват с плавна крива. Кривата пресича абсцисната ос при  $p_1$ , т.е. при  $p_1$  имаме  $\Sigma M = 0$ , следователно  $p_1$  е честотата на собствените трептения на вала [3, 4, 6].



**Фиг. 4.** Графика на зависимостта на остатъчният момент  $\Sigma M$  от ъгловата честота  $p$

Намирайки по този начин няколко стойности за ъгловата честота  $p$ , които удовлетворяват условието  $\Sigma M = 0$ , ще се получат стойностите на честота на трептенията за форми с един, два, три и т.н. възела (точки с нулево преместване). Процесът на определяне на точните стойности на честотите на собствените

трептения се облекчава, ако се построи графика на изменение на остатъчния момент  $\Sigma M$  в зависимост от честотата  $p$ . Такъв тип графика е показана на Фиг. 4.

#### 4. Заключение

Редица изследвания на усукващите трептения показват, че амплитудата на витлата има сравнително неголеми стойности, поради което при провеждане на изследвания на преходни процеси могат да бъдат пренебрегнати такива характеристики, като наличие и стойност на рязко повишаване на амплитудата, характерично време. От друга страна, честотните свойства на указаните трептения на стационарни режими могат да повлияят на изходните сигнали от датчиците за честота на въртене на витлата, които формират обратна връзка в контура на управление.

#### 5. Благодарност

Работата беше финансирана от Вътрешен проект към ТУ София за подкрепа на докторанти 142ПД0024-24/27.03.2014г.

#### Литература

1. Бидерман В. (1980). Теория механических колебаний. М.: Высшая школа. 408 с.
2. Bishop R.E.D., Johnson D.C. (1960) The Mechanics of Vibration, Cambridge, Univ. press, XII. 592 p.
3. Владов М., Сотиров Г., Добров Д. (2012). Методика за прогнозиране на остатъчния ресурс на носещия винт на вертолета, Хемус, ISSN 1312-2916, стр. 132-138.
4. Church A.H. (1957). Mechanical Vibrations, New York, John Wiley & Sons, Inc.
5. Kryszinski T., Malburet F. (2007). Mechanical Vibrations. Active and Passive Control, ISTE Ltd, London.
6. Hansen H.M. and Chenea P.F. (1956). Mechanics of Vibration, New York, John Wiley & Sons, Inc.
7. Myklestad N.O. (1956). Fundamentals of Vibration Analysis, New York, Mc Graw-Hill Book Co., Inc.

Адрес: Department of Transport and Aircraft Equipment and Technologies  
 Technical University – Sofia, Branch Plovdiv

25 Tsanko Diustabanov St.

E-mail: angelinachozhgova@gmail.com

E-mail: nzagorski\_bbc@abv.bg



© Journal of the Technical University – Sofia  
Plovdiv branch, Bulgaria  
“Fundamental Sciences and Applications” Vol. 21, 2015  
International Conference on Engineering, Technologies and Systems  
TECHSYS 2015  
BULGARIA

## ЕДИННА СИСТЕМА ЗА ГРАЖДАНСКО И ВОЕННО УПРАВЛЕНИЕ НА ВЪЗДУШНОТО ПРОСТРАНСТВО НА РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

ДАНЧО КОЛИБАРОВ, ДОБРИН СЕЙЗИНСКИ

**Резюме:** В съответствие с изискванията на Регламент (ЕО) № 2150/2005 г. е изготвена Наредба № 19 за функциониране на Единната система за гражданско и военно управление на въздушното пространство, която осигурява прилагането на общите правила за гъвкаво използване на въздушното пространство и изпълнение на ангажиментите на страната, поети с членството в Европейския съюз, НАТО и по други международни договори.

**Ключови думи:** управление на въздушното движение УВД, гъвкаво използване на въздушното пространство ГИВП, динамично управление на мрежата за европейското въздушно пространство ДУМЕВП.

## UNIFIED SYSTEM FOR CIVIL AND MILITARY AIRSPACE MANAGEMENT (ASM) OF THE REPUBLIC OF BULGARIA

DANCHO KOLIBAROV, DOBRIN SEYZINSKI

**Abstract:** In accordance with Regulation (EC) № 2150/2005, Ordinance № 19 was drafted, on the functioning of a system of civil and military airspace management, which provides the common rules for the flexible use of airspace and implementation of commitments of the country, member of the European Union, NATO and other international treaties.

**Key words:** Air Traffic Management (ATM), Flexible use of airspace (FUA), Dynamic network management for European airspace (EUROCONTROL DMEAN).

### 1. Организационна структура на Единната система за гражданско и военно управление на въздушното пространство на Република България.

През 1990 г. Европейската Конференция за Гражданска Авиация (ЕКГА) прие политика и програма за хармонизация и интеграция на контрола на въздушното движение в Европа

(European Air Traffic Control Harmonization and Integration Program - EATCHIP).

С изграждането на структурата на ВП и приспособяването ѝ към въздушното движение и с въвеждането на зоналната навигация (RNAV) се осъществи и главната цел на политиката на ЕКГА и на EATCHIP – въвеждане в действие на концепцията на ЕВРОКОНТРОЛ

за Гъвкаво използване на въздушното пространство (ГИВП). Тази концепция е разработена от военни и граждански представители на страните членки на ЕКГА, съвместно с представители на авиационните оператори и залегна като нормативна база в Регламент (ЕО) № 2150/2005 г. на Комисията от 23.12.2005 г.

С решение № 1059/29.12.1997 г. на Министерския съвет се приемат препоръките на Регионалната инициатива на САЩ за модернизация на организацията на ВП в Централна и Източна Европа и се поставя началото на поредица от решения и действия на законодателната и изпълнителната власт на Р България за модернизиране на организацията на УВД в мирно време. В изпълнение на мероприятията от „Програма за модернизация на организацията на въздушното пространство и управление на въздушното движение в Република България за периода от 1999 до 2005 г.“, с редица организационни и ръководни документи в нашата страна беше създадена Единната система за гражданско и военно управление на въздушното пространство на РБ (ЕСГВУВП). Целта на ЕСГВУВП е организиране и управление на въздушното пространство за осъществяване на функции за поддържане и повишаване на нивата на безопасност и ефективност на неговото използване от ползвателите на въздушното пространство. Обхвата на дейностите свързани с военното участие в процеса на УВД в национален мащаб наложиха създаването на органи за УВД към ВВС.

Единната система за гражданско и военно УВП е съставна част от националната система за УВП и ОВД. С функционирането на ЕСГВУВП съществено се повишават ефективността и безопасността при съвместното използване на ВП. Правилното разпределяне и използване на ВП значително съкращава количеството на налаганите ограничения на полетите и повишава икономическите показатели.

Съгласно препоръките на концепцията за Гъвкаво използване на въздушното пространство, системата за УВП включва следните три нива за управление :

- стратегическо ниво – ниво 1;
- предтактическо ниво – ниво 2;
- тактическо ниво – ниво 3.

Единната система за гражданско и военно управление на въздушното пространство включва :

- съвет за управление на въздушното пространство (СУВП);
- център за планиране и разпределяне на въздушното пространство (ЦПРВП);
- център за координиране използването на въздушното пространство (ЦКИВП).

**Стратегическо ниво** - Съвет за управление на въздушното пространство (СУВП) е формиран съгласно Наредба № 19. Наредбата се издава на основание чл. 2а, ал. 2 от Закона за гражданското въздухоплаване.

Съветът за управление на въздушното пространство е консултативен орган към министъра на транспорта, информационните технологии и съобщенията и министъра на отбраната, който подпомага осъществяването на дейности за определяне и реализиране на политиката за използване на ВП и за цялостното прилагане на Концепцията за гъвкаво използване на въздушното пространство .

Ръководството на СУВП се осъществява от главния директор на Главна дирекция "Гражданска въздухоплавателна администрация" и от директора на дирекция "Операции и подготовка" в Министерството на отбраната, които са съпредседатели на съвета.

Съветът за управление на въздушното пространство предлага за утвърждаване от министъра на транспорта, информационните технологии и съобщенията и министъра на отбраната предложения за решения, приети с консенсус. При непостигане на консенсус се извършват допълнителни експертни оценки и координации и се насрочва ново заседание на СУВП, което да завърши с вземане на решение в срок до 20 работни дни от заседанието, на което не е постигнат консенсус.

Съветът за управление на въздушното пространство провежда редовни заседания най-малко два пъти в годината. Заседанието на СУВП се свиква по решение на единия съпредседател, на двамата съпредседатели или по писмено искане на член от СУВП до единия съпредседател и се счита за редовно, ако на него присъстват повече от половината от членовете му. Заседанието на СУВП се провежда по предварително изготвен дневен ред, който се предоставя на членовете на СУВП и участниците в заседанието не по-късно от 10 работни дни преди датата на провеждането му. Членовете на СУВП и/или участниците в заседанието изпращат писмено становище по точките от дневния ред до секретариата не по-късно от 3 работни дни преди датата на провеждане на заседанието.

**Предтактическото ниво** - Център за планиране и разпределяне на въздушното



пространство (ЦПРВП) на Република България. Центърът за планиране и разпределение на въздушното пространство е постоянно действащ, съвместен гражданско-военен орган, чиято организация и дейност е регламентирана с Инструкция № 24. Териториалната компетентност на Центърът за планиране и разпределение на въздушното пространство обхваща суверенното въздушно пространство на Република България и ВП извън териториалните води, в което Република България по регионално споразумение за въздушна навигация е поела отговорността да осигурява обслужване на въздушното движение, когато това ВП се използва от държавни въздухоплавателни средства на Република България.

Ръководителят на ЦПРВП и служителите от Държавно предприятие "Ръководство на въздушното движение" се назначават от генералния директор на Държавно предприятие "Ръководство на въздушното движение", а заместник-ръководителят на ЦПРВП и военнослужещите и цивилните служители от състава на ВВС се назначават в съответствие със Закона за отбраната и въоръжените сили на Република България. Членове на ЦПРВП са представители на Държавно предприятие "Ръководство на въздушното движение", военнослужещи и цивилни служители от Военновъздушните сили (ВВС).

Центърът за планиране и разпределение на въздушното пространство се състои от граждански и военен сектор. Гражданският сектор е със следните работни позиции:

- планиране и разпределение на въздушното пространство за събирането и обработката на заявките за използване на въздушното пространство от граждански ведомства;
- планиране и разпределение на въздушното пространство за анализа на заявките и подготвянето на предварителен План за използване на въздушното пространство (ПивП) за нуждите на гражданските ведомства.

Военният сектор е със следните работни позиции:

- планиране и разпределение на въздушното пространство по събирането и обработката на заявките за използване на въздушното пространство от военни ведомства;
- планиране и разпределение на въздушното пространство по анализа на

заявките и подготвянето на предварителен ПивП за нуждите на военните ведомства;

- съгласуване между граждански и военни ползватели и длъжностните лица, отговарящи за Управление на потоците въздушно движение.

**Тактическо ниво** - Център за координиране използването на въздушното пространство (ЦКИВП) е създаден за да извършва тактическото управление на въздушното пространство на Република България с цел гъвкавото му използване и функционира в съответствие с Инструкция № 25. Центърът за координиране използването на въздушното пространство се състои от сектор "Военна координация" и сектор "Гражданска координация". Ръководителят на ЦКИВП и военнослужещите и цивилните служители от състава на ВВС се назначават в съответствие със Закона за отбраната и въоръжените сили на Република България.

Заместник-ръководителят на ЦКИВП и гражданските специалисти по координиране на използването на въздушното пространство се назначават от генералния директор на Държавно предприятие "Ръководство на въздушното движение".

Организационната структура на ЦКИВП включва ръководство и смесени дежурни смени. Ръководител на ЦКИВП е от ВВС, а оперативното ръководство на дежурните смени се осъществява от ръководител на полети-ръководител на смяна от гражданския сектор на съответната смяна.

## 2. Функции и задачи на органите за УВП.

Основните принципи на функциониране на ЕСГВУВП са:

- координиране между гражданските и военните органи, което се организира на стратегическо, предтактическо и тактическо ниво на УВП чрез установяване на споразумения и процедури с цел увеличаване безопасността и капацитета на ВП, както и подобряване на ефикасността и гъвкавостта на операциите на въздухоплавателните средства;
- съгласуване между УВП, управление на потоците въздушно движение и ОВД, което се установява и поддържа на трите нива на УВП, с цел да се осигури в полза на всички ползватели ефикасност при планиране, разпределение и използване на ВП;

- резервиране на ВП за изключително или специфично използване от различни категории ползватели се прилага за ограничени периоди от време на базата на действителното използване; резервираното ВП се освобождава веднага, след като се прекрати дейността, причинила установяването му;
- сътрудничество с органи на други държави по отношение на процеса на прилагане на Концепцията за гъвкаво използване на въздушното пространство при трансграничните дейности, включващо всички правни, оперативни и технически въпроси;
- оптимизация на използването на ВП от органите за ОВД и ползвателите.

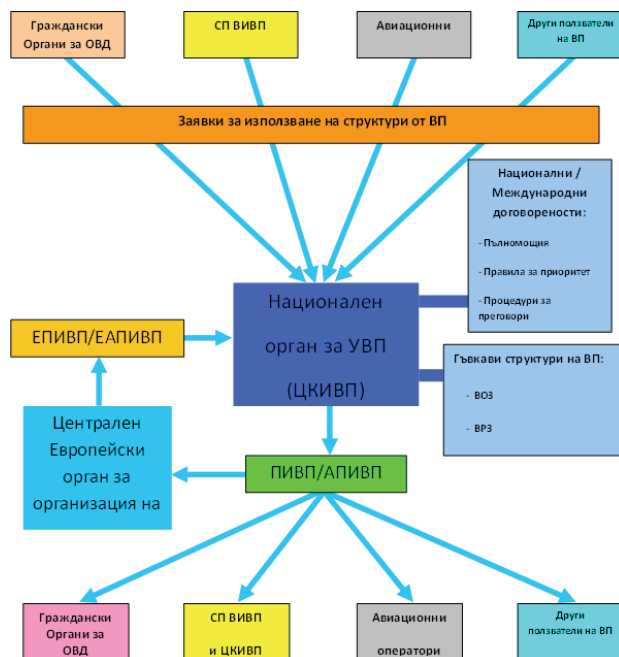
С цел осигуряване безопасността на въздухоплаването във ВП на Република България и прилагане на международните изисквания, критерии и норми на НАТО и Европейския съюз по отношение на УВД, е необходимо да функционира стройна и ефективна система за разпространението на данни за ВП, която да осигурява високо ниво на безопасност на полетите, в съчетание с удовлетворяване нуждите на ползвателите, да получават качествена и надеждна услуга по ОВД.

Системата за разпространението на данни за ВП на национално ниво е изобразена схематично на фиг.1. Ежедневните заявки за използване на структури от ВП постъпват към националният орган за УВП (ЦКВВП) от различни ползватели на ВП. Такива ползватели са гражданските органи за планиране на военното използване на въздушното пространство (СП ВИВП), авиационните оператори и други ползватели на ВП.

### 3. Структури на въздушното пространство на Република България.

В зависимост от предназначението си структурите във ВП най-общо се класифицират като основни и гъвкави. Организацията на ВП на страната се извършва в зависимост от следните критерии:

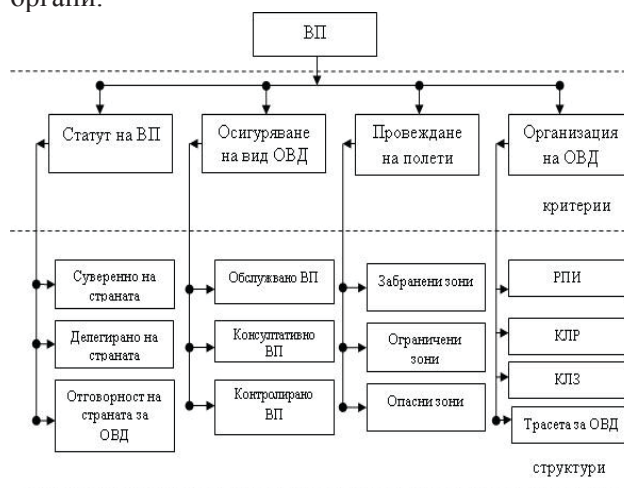
- статут на ВП;
- осигуряване на видовете обслужване на въздушното движение (ОВД);
- организация на ОВД;
- възможност за провеждане на полети.



Фиг. 1. Обща схема на национално ниво на УВП

#### 3.1. Основни структури на въздушното пространство.

Основните структури на ВП са постоянните структури във ВП, чиято класификация е показана на фиг. 2. След като се определят основните структури на ВП, се публикуват в Сборник Аеронавигационна информация на Р България (AIP – Aeronautical Information and Publications) от оторизирани органи.



Фиг. 2. Основни (постоянни) структури на въздушното пространство.

#### 3.2. Гъвкави структури на въздушното пространство.

3.2.1 Временно отделена зона (ВОЗ) е ВП с определени размери, дейностите в което изискват резервирането на ВП за изключително ползване от определен ползвател за даден период от време. Те ежедневно се

преразпределят в зависимост от постъпилите заявки.

**3.2.2** Временно резервирана зона (ВРЗ) е ВП с определени размери, временно резервирано за специфичните нужди на определен ползвател, като друг трафик може да преминава през него с разрешение по контрол на въздушното движение.

ВОЗ и ВРЗ се определят в отговор на оперативната необходимост от съвместяване на граждански, военни проучвателни и изпитателни полети от временен характер, за които поради спецификата им, се налага разделение за безопасност на този и на външния трафик.

ВОЗ и ВРЗ са гъвкави структури, планирани на стратегическо ниво, разпределяни на предтактическо ниво и активирани и деактивирани на тактическо ниво. Те се използват за:

- провеждане на учебно-тренировъчни полети с държавни ВС;
- специфични дейности на граждански и държавни въздухоплавателни средства;
- провеждане на мащабни военни учения;
- провеждане на спортни мероприятия с леки и свръхлеки моторни и безмоторни ВС;
- полети с мотоделтапланери, делтапланери и парапланери;
- полети с безпилотни ВС;
- провеждане на парашутни скокове;
- провеждане на мероприятия по ликвидиране на последствията от БАК.

Хоризонталните и вертикалните граници на ВОЗ и ВРЗ се публикуват в АИП на Република България.

**3.2.3** Трансгранично въздушно пространство (ТрВП) е ВП с определени размери, което преминава през националните граници и/или границите на РПИ и се установяват за специфични оперативни нужди над обща граница между Република България и съседните ѝ държави. ТрВП се установява с политически, военни и оперативни споразумения между Република България и съседните ѝ държави. Редът за използването на ТрВП се определя в договор за взаимодействие между съседните органи за ОВД и УВП. Хоризонталните и вертикалните граници на ТрВП се публикуват в сборник АИП на Република България.

**3.2.4** Зона с намалена координация (ЗНК) е част от ВП, извън трасетата за ОВД, която се използва за полети на граждански ВС, без да изисква координация между гражданските и военните органи за ОВД.

**3.2.5** Зона с предварителна координация (ЗПК) е част от ВП, извън трасетата за ОВД, която се използва за полети на граждански ВС само след предварителна координация между гражданските и военните органи за ОВД.

Активиране на ЗНК/ЗПК се осъществява след координация между граждански и военни органи на тактическо ниво. Хоризонталните и вертикалните граници на ЗНК съвпадат с границите на РПИ София или с границите на сектор(и), публикувани в сборник АИП на Република България. Хоризонталните и вертикалните граници на ЗПК се определят от гражданските и военните органи за ОВД на тактическо ниво.

**3.2.6** Управляеми опасни и ограничени зони са:

- зони за провеждане на взривни работи;
- зони за провеждане на илюминации и други атракционни дейности във ВП;
- опасни зони във ВП на Република България за нуждите на Българската армия;
- зони за провеждане на мероприятия по ликвидиране на последствията от БАК.

Хоризонталните и вертикалните граници на управляемите опасни и ограничени зони се уточняват между ползвателите на ВП и ЦПРВП за всеки конкретен случай и се публикуват с NOTAM съобщение.

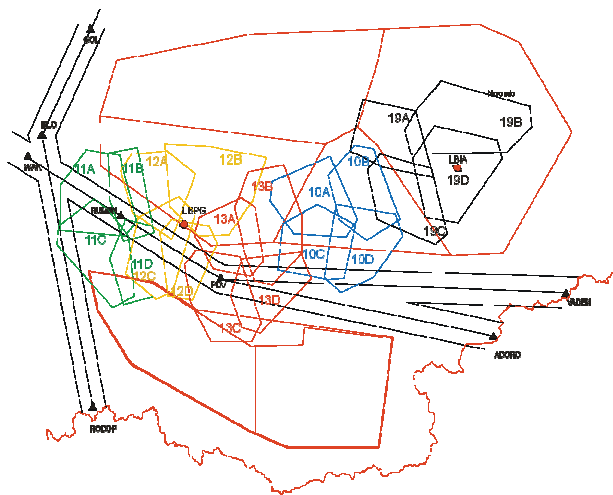
**3.2.7** Условни маршрути/трасета (УМ/Т) за ОВД са неактивни трасета или части от официално публикуваната трасова мрежа, които се планират и използват само при определени условия. Те се активират на предтактическо или тактическо ниво и облекчават използването на ВП чрез структурирани и предварително планирани сценарии. УМТ позволяват определяне на по-преки и алтернативни трасета, чрез допълване и свързване към съществуващата трасова мрежа. Целта на УМТ е полетите да се планират по трасета, които не винаги са свободни и установени в потенциални зони за временно разделение.

**3.2.8** Полигони за борба с градушки (ПБГ) представляват част от ВП с определени

размери, в рамките на което се извършват дейности по обстрел на потенциално градоносни облаци, което налага резервирането му за използване от даден потребител при установен начален период от време, като трафик не може да преминава транзитно през него (фиг. 3).

За активирането на ПБГ не се публикува предварително съобщение поради скоротечността на метеорологичното явление, а промяна на маршрута на полета се изпълнява по указание на РП. Тези зони представляват ВП, прилежащо на полигоните за борба с градушки (ПБГ) съставени от прилежащите пространства на площадките за борба с градушки.

Конкретните хоризонтални граници на всеки ПБГ се определят по реда на Инструкцията за противогодовата защита в Република България, издадена от министъра на транспорта, информационните технологии и съобщенията съгласувано с министъра на отбраната и министъра на земеделието и храните.



Фиг. 3. Схема на полигоните за борба с градушки в южна България

#### 4. Заключение:

Документите регламентиращи работата на ЕСГВУВП са обновени изцяло съгласно изискванията на регламентите на ЕС за гражданско ВП и съюзните публикации за структуриране на ВП за военни цели.

Прилагането на принципите на концепцията за ГИВП в ЕСГВУВП осигурява по-добра координация между гражданските и военните органи с цел увеличаване безопасността и капацитета на ВП.

Прилагането на управляеми гъвкави структури на въздушното пространство подобрява ефикасността и гъвкавостта на операциите на въздухоплавателните средства, което е от основно значение за нарастване на капацитета на системата за УВД.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Закон за гражданското въздухоплаване.
2. Инструкция № 24 за работа на Центъра за планиране и разпределение на въздушното пространство на Република България от 08.10.2013 г.
3. Инструкция № 25 за работа на Центъра за координиране използването на въздушното пространство на Република България от 01.11.1999 г.
4. Наредба № 19 за функциониране на единната система за гражданско и военно управление на въздушното пространство от 27.11.2012 г.
5. Наредба № 23 за реда за използване на ВП при прехода към военен контрол и ръководство на ВП при повишаващи се нива на извънредни условия от 1.11.1999 г., попр. 2008г.
6. Регламент (ЕО) № 2150/2005 г. на Комисията от 23.12.2005 г. за установяване на общите правила за гъвкаво използване на въздушното пространство.

Контакти:

Е-mail: [danchokol@abv.bg](mailto:danchokol@abv.bg)  
[dobsey@abv.bg](mailto:dobsey@abv.bg)





# NUMERIC MODELLING PRINCIPLES FOR CALCULATION OF THE AMMONIA-WATER ABSORPTION REFRIGERATION SYSTEM

RALUCA A. BOȚU, ALEXANDRU ȘERBAN, GABRIELA S. BĂLAN, MUGUR C. BĂLAN

**Abstract:** *The study presents the thermal model of an ammonia-water absorption refrigeration system, based on microchannel heat exchangers. The presented system was designed as low cooling power solar refrigeration equipment. The internal operating conditions are determined in function of the outside working conditions, based on the thermal regimes of the heat exchangers. Theoretical considerations are followed by results obtained with the presented model. The conclusion of the study is highlighting that the developed model can be efficiently used in future evaluations of the performances and limits of the system.*

**Key words:** *indirect evaporative cooling, analytic, simulation, experiment, heat transfer*

## 1. Introduction

The first ammonia-water absorption refrigeration system (AWARS) was realized by Ferdinand Carré in 1859 [1]. In time, AWARS, proved to be one of the most feasible alternative to the cold production from waste heat. In the latest years, this type of equipment proved to be an efficient solution for solar or geothermal driven refrigeration [2]. These machines can be also used in trigeneration system.

Different AWARS technologies are presented in several reviews of the scientific literature [1, 3, 4].

A thermal and numeric modelling of AWARS is presented in [1, 5].

One of the most popular modern applications of AWARS is the solar cooling technology [5, 6-9].

Numeric modelling of AWARS is based on equations for calculating the thermal parameters of ammonia, of water and of ammonia-water solution [10-12].

Several simulations and optimization studies of AWARS approaching different aspects are presented in [2, 12-20]. In all these studies the most investigated parameters of performance AWARS of is COP.

The scope of this study is to present the thermal and numeric modelling principles of an AWARS based on microchannel heat exchangers, together with some preliminary results.

## 2. Material

The energy scheme of a solar AWARS is presented in Fig. 1.

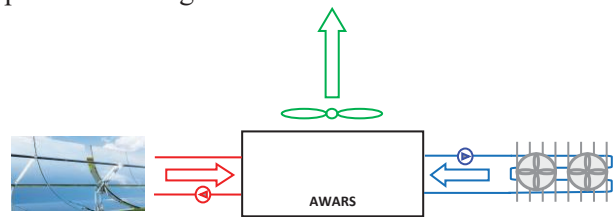


Fig. 1. Energy scheme of a solar AWARS

The solar energy is representing the driving energy of the AWARS.

The scheme of the AWARS based on microchannel heat exchangers is presented in Fig. 2.

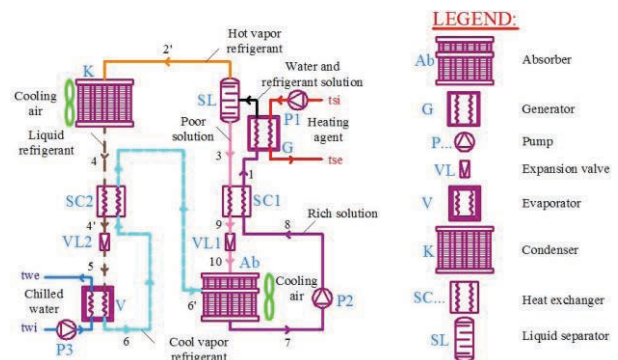


Fig. 2. Scheme of the AWARS based on microchannel heat exchangers



The thermal power of the considered **AWARS** is of 10 kW.

The thermal parameters in all the characteristic states are calculated with the equations implemented in Engineering Equations Solver (**EES**) [21].

The flow rates and the thermal powers of heat exchangers and of heat and mass exchangers are calculated based on the following types of equations:

- Thermal balances equations;
- Global mass balances equations;
- Ammonia mass balances equations.

All the equations of the numeric model are implemented in **EES**.

The coefficient of performance (**COP**) is determined as the report between the cooling power and the thermal power of the generator.

#### 4. Results

The calculated values for the thermal parameters of the ammonia and of the ammonia-water solution are presented in Table 1.

*Table 1. Thermal parameters*

States	p [bar]	t [°C]	h [kJ/kg]	x [kg/kg]	q [-]
1	15.55	49.81	184.7	0.505	SC
2'	15.55	40.00	1490.0	1.000	SC
3	15.55	150.00	721.4	0.192	0
4	15.55	40.00	390.6	1.000	SC
4'	15.55	34.52	363.8	1.000	SC
5	5.16	5.00	363.8	1.000	0.23
6	5.16	5.00	1467.4	1.000	1
6'	5.16	15.00	1494.0	1.000	SH
7	5.16	40.00	139.6	0.505	1
8	15.55	39.31	139.6	0.505	SH
9	15.55	134.00	447.9	0.192	SC
10	5.16	110.7	447.9	0.192	0.06

The notations on Table 1 have the following significance: p (pressure), t (temperature), h (specific enthalpy), x (mass concentration of ammonia in ammonia-water solution), q (vapors quality), SC (subcooled liquid), SH (superheat vapors).

The calculated values of the thermal powers of heat exchangers are presented in Table 2.

*Table 2. Thermal powers of heat exchangers*

Heat exchanger	Therm. power [kW]
Evaporator	10.00
Condenser	9.96
Absorber	19.57
Generator and liquid separator	19.53

The calculated value of the performance parameter is **COP** = 0.512 and it is in very good agreement with the values reported in similar studies with similar operating conditions [2, 13].

#### 5. Conclusion

The presented thermal and numeric modelling principles of an **AWARS** with microchannel heat exchangers, proved to be adequate for the thermal calculation of these systems.

The numerical model realized based on the presented principles, can be used in future work to evaluate the influence of different working conditions on several working parameters and on COP, because the preliminary results are in good agreement with similar results presented in other studies.

#### REFERENCES

1. Srihirin P., Aphornratana S., Chungpaibulpatana S (2001). A review of absorption refrigeration technologies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5, 343–372.
2. Bulgan, A.T. (1995). Optimization of the thermodynamic model of aqua-ammonia absorption refrigeration systems, *Energy Conversion and Management*, 36(2), 135-143.
3. Ziegler F., Riesch, P. (1993). Absorption cycles. A review with regard to energetic efficiency, *Heat Recovery Systems and CHP*, 13(2), 147-159.
4. Brown J.S., Domanski P.A. (2014). Review of alternative cooling technologies, *Applied Thermal Engineering*, 64, 252-262.
5. Rossa J.A., Bazzo E. (2009). Thermodynamic modeling of an ammonia-water absorption system associated with a microturbine, *International Journal of Thermodynamics*, 12(1), 38-43.
6. Tamm G., Goswami D.Y., Lu S., Hasan A.A. (2004). Theoretical and experimental investigation of an ammonia–water power and refrigeration thermodynamic cycle. *Solar Energy*, 76, 217–228.
7. Fan Y., Luo L., Souyri B. (2007). Review of solar sorption refrigeration technologies: Development and applications, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11, 1758–1775.
8. Kim D.S., Infante Ferreira C.A. (2008). Solar refrigeration options – a state-of-the-art review, *International Journal of Refrigeration*, 31, 3-15.
9. Hassan H.Z., Mohamad A.A. (2012). A review on solar cold production through absorption

- technology, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 5331–5348.
10. Ziegler B., Trepp Ch. (1984). Equation of state for ammonia-water mixtures, *International Journal of Refrigeration*, 7(2), 101-106.
  11. Xu F., Goswami D.Y. (1999). Thermodynamic properties of ammonia–water mixtures for power-cycle applications, *Energy*, 24, 525–536.
  12. El-Shaarawi M.A.I., Al-Nimr M.A. (1990). Equations for use with computers to evaluate the performance of NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O intermittent solar refrigerators, *Energy Conversion and Management*, 30(3), 315-327.
  13. Alvares S.G., Trepp Ch. (1987). Simulation of a solar driven aqua-ammonia absorption refrigeration system. Part 1: mathematical description and system optimization, *International Journal of Refrigeration*, 10, 40-48.
  14. Manrique J.A. (1991). Thermal performance of an ammonia-water refrigeration system, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 18, 779-789.
  15. Sun D-W (1998). Comparison of the performances of NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>-LiNO<sub>3</sub> and NH<sub>3</sub>-NaSCN absorption refrigeration systems, *Energy Conversion and Management*, 39(5/6), 357-368.
  16. Ghaddar N.K., Shihab M., Bdeir F. (1997). Modeling and simulation of solar absorption system performance in Beirut, *Renewable Energy*, 10(4), 539-558.
  17. Chua H.T., Toh H.K., Ng K.C. (2002). Thermodynamic modeling of an ammonia–water absorption chiller, *International Journal of Refrigeration*, 25, 896–906.
  18. Zohar A., Jelinek M., Levy A., Borde I. (2005). Numerical investigation of a diffusion absorption refrigeration cycle, *International Journal of Refrigeration*, 28, 515–525.
  19. Fernández-Seara J., Sieres J. (2006). Ammonia–water absorption refrigeration systems with flooded evaporators, *Applied Thermal Engineering*, 26, 2236–2246.
  20. Aprile M., Toppi T., Guerra M., Motta M. (2015). Experimental and numerical analysis of an air-cooled double-lift NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O absorption refrigeration system, *International Journal of Refrigeration*, 50, 67-68.
  21. Klein S.A. *Engineering Equation Solver for Microsoft Windows Operating Systems Commercial and Professional Versions*, <http://www.fchart.com>.

Authors' contacts

Address:

Technical University of Cluj-Napoca, Bd.

Muncii 103-105, Cluj-Napoca, Romania

E-mail: [raluca.botu@termo.utcluj.ro](mailto:raluca.botu@termo.utcluj.ro)

E-mail: [alexandru.serban@criomecsa.ro](mailto:alexandru.serban@criomecsa.ro)

E-mail: [gabriela.balan@gmail.com](mailto:gabriela.balan@gmail.com)

E-mail: [mugur.balan@termo.utcluj.ro](mailto:mugur.balan@termo.utcluj.ro)





## COMPARATIVE ANALYSIS OF THREE RESEARCH METHODS IN THE STUDY OF INDIRECT EVAPORATIVE COOLING PROCESS

BOGDAN A. PORUMB, FLORIN BODE, GABRIELA S. BĂLAN, MUGUR C. BĂLAN

**Abstract:** *The study represents a synthetic comparison between the analytic, the simulation and the experimental research methods, applied in the study of indirect evaporative cooling (IEC) process. The study refers to the principles and the most important aspects concerning this complex process of heat and mass transfer, very efficient from energy efficiency point of view. The study was conducted to evaluate some of the advantages, limits and disadvantages of each method. The conclusion of the study is highlighting that each of the three analyzed research methods can be used to study different aspects of the IEC process.*

**Key words:** *indirect evaporative cooling, analytic, simulation, experiment, heat transfer*

### 1. Introduction

Indirect evaporative cooling (IEC) is representing a promising cooling technology, capable to dramatically reduce the energy consumption in several air conditioning applications. The important particularity of IEC is represented by the use of water in the cooling process.

This study continues a previous research in the field of bundles type heat exchangers [1].

The most important problems to be studied in any type of heat exchangers, including IEC equipment, are the heat transfer and the pressure drop. Fundamentals of these both aspects are presented in [2-6].

The analytic research method, in the case of heat exchangers consist in calculation of heat transfer coefficient, based on equations, such as those presented in [7-9]. The analytic method in the case of IEC represents in fact thermal modelling of equipment and processes and typical examples are [10, 11]. In this study the thermal models and equations were implemented in Engineering Equations Solver (EES) [12].

The numerical simulation method in the study of heat exchangers is generally represented by computer fluid dynamics (CFD) simulation using finite elements [13-16]. In this study the simulations were realized with ANSYS Fluent [17].

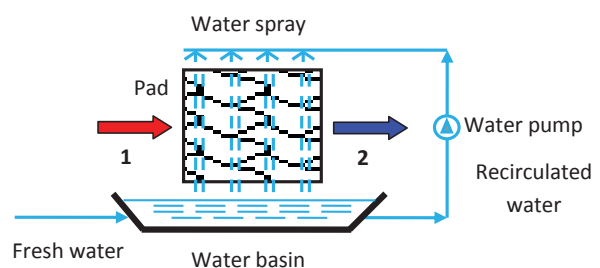
The experimental method in the study of heat exchangers and also in the case of IEC

equipment can be used either to investigate the process or to validate the results obtained through the analytic or simulation methods. Examples of experimental studies are [5-7, 18]. Experimental results from other studies are also used in models validation [11, 13-15].

The scope of this study is to present and compare advantages, limits and disadvantages of the analytic method, numerical simulation method and experimental method, in the field of IEC.

### 2. Material

The working principle scheme of the direct evaporative cooling (DEC) equipment is presented in Fig. 1.



**Fig. 1.** Principle scheme of the DEC equipment

The inlet warm air (1) is cooled in a pad by direct contact with the sprayed water at the wet bulb temperature. The outlet air (2) temperature is sensible reduced comparing to the temperature of the inlet air.

The working principle scheme of the IEC equipment is presented in Fig. 2.

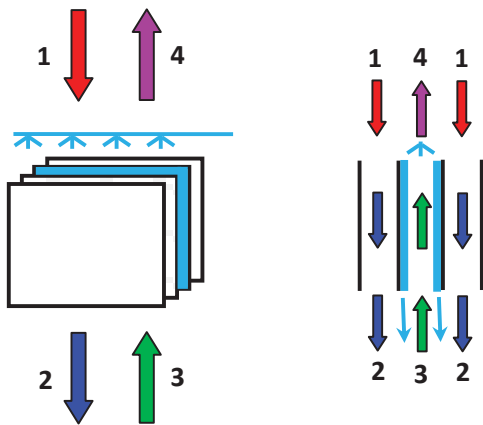


Fig. 2. Principle scheme of the IEC equipment

The inlet primary air (1) is cooling down inside “dry channels” up to the outlet (2). The heat is transferred through heat transfer surfaces of plates or pipes to the “wet channel”, where the secondary air is flowing from the inlet (3) to the outlet (4) together with sprayed water. The “wet channels” are representing DEC equipment.

### 3. Methods

#### 3.1. The analytic method

The analytic method consist in thermal modelling of the heat and mass transfer in the “dry channels” and “wet channels” and integration of the resulted equations in a computer program.

This working principle can be applied both in the case of plates or pipes IEC equipment.

The main advantage of the method is that it allows the construction of relative simple models based on the physical phenomena. The main limit and disadvantage of the method is that it can provide only global information and it can't be used to model details of the heat and mass transfer and flow.

#### 3.2. The simulation method

The analytic method consists in modelling of air and water flow on both sides of the heat transfer surfaces, in both “dry” and “wet” channels.

In the case of IEC equipment, this method consists generally in the application of finite elements method.

The main advantage of the method is that it allows complex studies of flow details. The main limit and disadvantage of the method is that it can't be applied with sufficient precision in the biphasic flow of air and water, meaning that in the case of IEC, the application of this method is very limited.

### 3.3. The experimental method

The experimental method consists in real evaluation of thermal and flow parameters of air and water in IEC equipment.

In principle, the method is based on data acquisition by using adequate sensors, data loggers or data acquisition boards, computers and software, combined in different configurations.

The main advantage of the method is that it allows data acquisition directly from the studied processes. The main limit and disadvantage of the method is represented by physical and economic restrictions in the use of sensors together with data acquisition systems. For example, large number of sensors can disturb the normal flow of air and water.

### 3.4. Methods comparison

In this comparative study, are presented some results obtained in the study of IEC equipment with the geometry based on pipes. The research methods that provided results presented in this study are the analytic and the simulation method. The validation of the results can be realized both by dedicated experiments and by comparison with experimental results provided in other studies.

The single pipe case is studied both by analytic and simulation method, while the pipes arranged in bundles case is studied only by the analytic method.

## 4. Results

The mathematical model provided by the analytic method for the heat transfer in the the single pipe case, was validated by comparison with experimental data provided in other studies [1].

### 4.1. Results provided by analytic method

The influence of the pipe length on the outside temperature of the inside air is presented in Fig. 3.

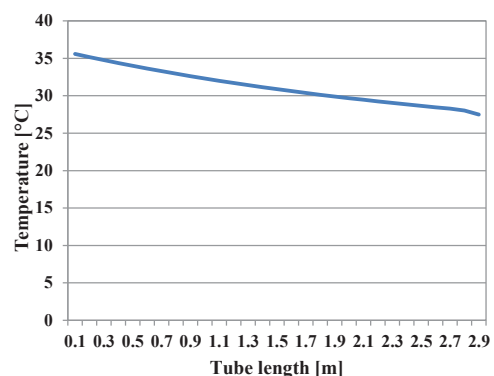


Fig. 3. Influence of the pipe length on the outside temperature

The influence of the flow speed on the the outside temperature of the inside air and of the coefficient of convection are presented in Fig. 4.

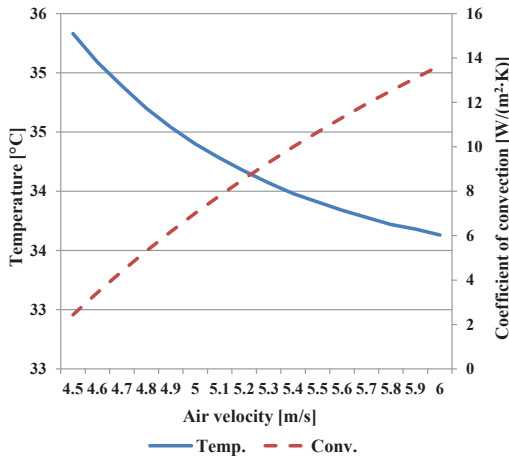


Fig. 4. Influence of the flow speed on the outside temperature and of the coefficient of convection

The influence of the relative humidity of the inside air (considered equal with the outside air) on the outside temperature of the inside air and of the coefficients of convections of the inside air and of the outside water are presented in Fig. 5.

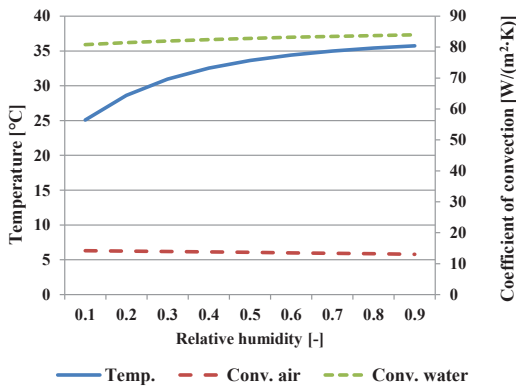


Fig. 5. Influence of the relative humidity of the air on the outside temperature and of the coefficients of convections of the inside air and outside water

The analytic (or thermal modelling) method can also provide many other types of results representing influences of several parameters on different working conditions of IEC or on the performances of the IEC.

The scope of this study is to provide mainly the type of results that can be obtained, in order to compare these results with the ones provided by other research methods.

#### 4.2. Results provided by simulation

The temperature distribution inside the pipe is provided in Fig. 6.

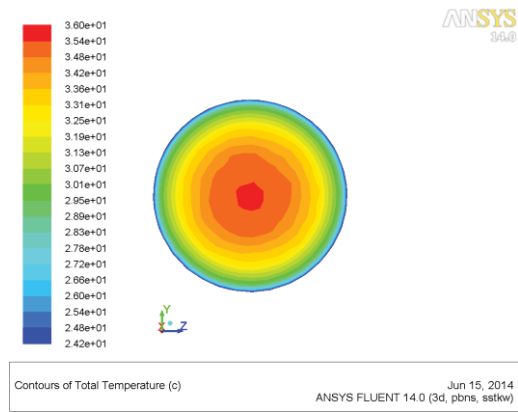


Fig. 6. Temperature distribution inside the pipe

The temperature distribution on the length of the pipe is presented in Fig. 7.

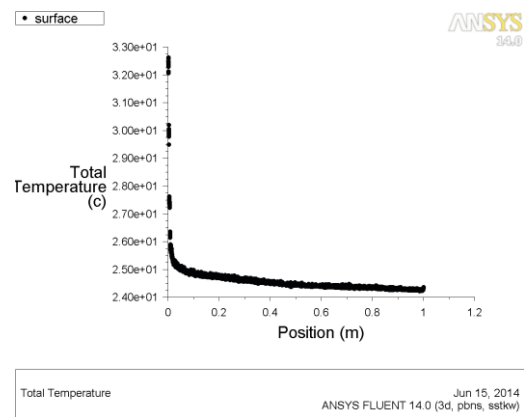


Fig. 7. Temperature distribution on the length of the pipe

The flow speed distribution in the section of the pipe is presented in Fig. 8.

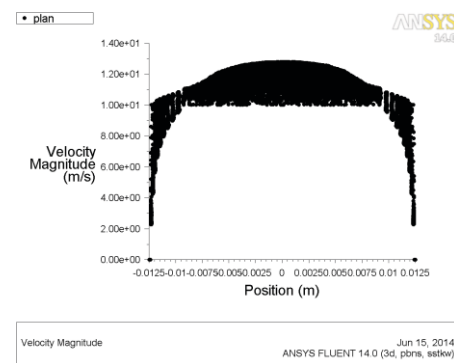


Fig. 8. Flow speed distribution

The simulation can also provide many other types of results representing mainly distribution of working parameters of the IEC.

#### 5. Discussion

The preliminary results of the study of IEC, presented in the study are relevant for the comparative analysis of the types and quality of the

results that can be obtained by the analytic and simulation method.

The experimental method can provide, depending by the complexity of the study, can provide validation results for both methods used for modelling and calculations.

In the study of IEC it is very common to use for validation of models, data provided in other study. One of the objectives of further work is to develop experiments to validate the thermal and simulation models.

## 6. Conclusion

The comparative analysis of the analytic method, of the simulation method and of the experimental method, together with the obtained results, prove that all the investigated research methods are adequate for the study of the IEC equipment.

Analytic (or thermal) method can provide global results based on relative simple modelling, while simulation can provide complex and detailed results concerning the flow and heat transfer.

It was mentioned that simulation can be used only with limits in the case of biphasic flow of air and water, this representing an important restriction in the case of IEC.

Experimental method can provide validation data for models obtained using both analytic and simulation methods.

## REFERENCES

1. Porumb B.A., Bălan, M.C. (2014). Simulation of Heat Transfer and Pressure Drop in Bundles Type Air to Air Heat Recovery Equipment, *Power Engineering Conference (UPEC) 2014*, 49th International Universities, IEEE, Cluj-Napoca, 2-5 Sep. 2014, 1-6.
2. Incropera F.P., Dewitt D.P., Bergman T.L., Lavine A.S. (2006). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, John Wiley & Sons, U.S.A.
3. Kreith F., Boehm R.F., Raithby G.D., Hollands K.G.T., Suryanarayana N.V. (2000). *Heat and Mass Transfer*, The CRC Handbook of Thermal Engineering", CRC Press LLC.
4. Bird R.B., Stewart W.E., Lightfoot E.N. (2002). *Transport Phenomena*, John Wiley & Sons, New York, U.S.A.
5. Debusschere B., Ragland K.W. (1998). Measurements of friction, heat transfer, and mass transfer in a severely outgassing tube bank, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 41, 3015-3024.
6. Safwat Wilson A., Khalil Bassiouny M. (2000). Modeling of heat transfer for flow across tube banks, *Chemical Engineering and Processing*, 39, 1-14.
7. Hausen H. (1983). *Heat Transfer from Tubes in Counter Flow, Parallel Flow and Cross Flow*, McGraw-Hill, U.S.A.
8. Kays W.M., Crawford M.E., Weigand B. (2005). *Convective Heat and Mass Transfer*, Mc.Graw Hill Higher Education, Boston.
9. Kaviany M. (1994). *Principles of Convective Heat Transfer*, Springer-Verlag, New York.
10. Hasan, A. (2010). Indirect evaporative cooling of air to a sub-wet bulb temperature, *Applied Thermal Engineering*, 30 (16), 2460-2468.
11. Hasan, A. (2012). Going below the wet-bulb temperature by indirect evaporative cooling: Analysis using a modified  $\epsilon$ -NTU method, *Applied Energy*, 89, 237-245.
12. Klein S.A. *Engineering Equation Solver for Microsoft Windows Operating Systems Commercial and Professional Versions*, <http://www.fchart.com>.
13. Kang D., Strand R.K. (2013). Modeling of simultaneous heat and mass transfer within passive down-draft evaporative cooling (PDEC) towers with spray in FLUENT, *Energy and Buildings*, 62, 196-209.
14. Khalajzadeh V., Farmahini-Farahani M., Heidarinejad G. (2012). A novel integrated system of ground heat exchanger and indirect evaporative cooler, *Energy and Buildings*, 49, 604-610.
15. Sureshkumar R., Kale S.R., Dhar P.L. (2008). Heat and mass transfer processes between a water spray and ambient air – II. Simulations, *Applied Thermal Engineering*, 28, 61-371.
16. Tavakoli E., Hosseini R., (2011). Numerical analysis of 3D cross flow between corrugated parallel plates in evaporative coolers, *Energy Conversion and Management*, 52, 884-892.
17. \*\*\* (2009). *ANSYS FLUENT 12.0 User's Guide*, <http://users.ugent.be/~mvbelleg/flug-12-0.pdf>.
18. Hsu ST, Lavan Z, Worek WM. (1989). Optimization of wet-surface heat exchangers. *Energy*, 14(11), 757-70.

Authors' contacts

Address:

Technical University of Cluj-Napoca, Bd.

Muncii 103-105, Cluj-Napoca, Romania

E-mail: bogdan.porumb@termo.utcluj.ro

E-mail: florin.bode@termo.utcluj.ro

E-mail: gabriela.balan@gmail.com

E-mail: mugur.balan@termo.utcluj.ro





## ACTUAL KNOWLEDGE ABOUT BIOHYDROGEN PRODUCTION BY ANAEROBIC DIGESTION OF LIGNOCELLULOSE BIOMASS

BERNADETTE E. TELEKY, MUGUR C. BĂLAN

**Abstract:** *The study represents a synthetic review of the available scientific information concerning the production of hydrogen by the biologic anaerobic digestion of the lignocellulose biomass. The presented data refers to the most important aspects concerning this complex process, such as: type of substrate, type of culture media, working parameters of the process, nature of microorganisms, gas production and quality of the produced gas. The study was conducted from the perspective of the energy impact of the resulted biohydrogen. The conclusion of the study is highlighting that hydrogen produced by anaerobic digestion of the biomass can be considered as a reasonable alternative to the fossil fuels, that on one side are depleting and on other hand are responsible of CO<sub>2</sub> emissions with important negative effect on climate changes.*

**Key words:** *anaerobic digestion, biomass, lignocellulose, hydrogen, review*

### 1. Introduction

In the context of the continuously worldwide increasing energy demand and of the severe consequences of the polluting emissions, the biohydrogen is one of the possible alternatives to the fossil fuels [1-3].

The study presents some actual information about the researches in the field of biohydrogen production as result of anaerobic digestion of biomass with high content of. In this process are involved many elements that are influencing the quantity and the quality of the produced hydrogen, such as the nature of biomass substrate with high content of lignocellulose and the liquid solution containing the microorganisms involved in the anaerobic digestion [4, 5].

The hydrogen production can be evaluated from both quantitative and qualitative point of view and of the nature of the substrate; the properties of the liquid and the nature of microorganisms are of crucial importance [2].

Some related considerations, but concerning mainly the references selection procedure were presented in [1].

The scope of this study is to present some elements of synthetic review of the scientific literature concerning the biohydrogen production by anaerobic digestion of lignocellulose biomass.

### 2. Biomass substrate

The nature of the substrate can be very varied, and it was identified more substrate sources as presented in Table 1, like: organic wastes (damaged grains), hay, straw, bracken, energy plants, sweet sorghum plants, juice and concentrate, wheat powder and others.

*Table 1. Nature of the substrate of digestion*

Year	Ref.	Nature of the substrate
1994	[6]	Organic wastes (damaged wheat grains)
2006	[7]	Wheat straw
2008	[4]	Wheat powder
2009	[8]	Hay, straw and bracken
2009	[9]	Energetic plants, juices, wheat straw, etc.
2009	[10]	Wheat straw
2011	[11]	Wheat straw
2011	[12]	Wheat straw
2012	[5]	Rice straw
2012	[13]	Rice straw
2012	[14]	Mix of wheat grain and wheat straw
2012	[15]	Wheat straw
2013	[16]	Wheat straw
2013	[17]	Wheat straw hydrolysate

Most of the indicated possible substrates are representing biomass with lignocellulose, representing the feed source for the digesting microorganisms.

### 3. Culture media

The culture media represents the life environment for the microorganisms involved in the anaerobic digestion of the biomass.

In the literature are reported several different types of culture media as indicated in Table 2.

**Table 2.** Nature of culture media

Year	Ref.	Culture media
1994	[6]	Glucose-containing defined medium
2006	[7]	Nutrient stock solution
2008	[4]	Synthetic media
2009	[9]	DSMZ 640
2009	[10]	BA medium and 40% hydrolysate solution
2010	[8]	Nutritional medium
2011	[11]	Mineral nutrients
2011	[12]	DSMZ medium 1036
2012	[5]	Feed medium
2012	[13]	Growth nutrients
2012	[14]	DSM 8903
2013	[17]	Modified DSM 640 medium

It can be observed that in different studies were used very different types of culture media.

### 4. Microorganisms

The anaerobic digestion of biomass with high content of lignocellulose is realized by several microorganisms. Sources of microorganisms are indicated in table 3.

**Table 3.** Sources of microorganisms

Year	Ref.	Source
2006	[7]	Cow dung compost
2008	[4]	Wastewater
2010	[8]	Fixed-bed anaerobic reactors
2011	[11]	Seed sludge
2011	[12]	Littoral zone sediment samples
2012	[13]	Anaerobic digester sludge
2012	[18]	Granulated anaerobic sludge
2012	[14]	Extreme thermophilic bacterium
2012	[15]	Anaerobic digester sludge

Some types of microorganisms used in the anaerobic digestion to produce hydrogen are: Actinotalea [12], Alkaliphilus genera [12], Alkaliflexus [8, 12], Anaerovirgula [8], Bacillus licheniformis [6], Bacteroides sp. [10], Burkholderia [18], C. Botulinum [13], C. Tyrobutyricu [13], Clostridium sp. [5, 8, 12, 15, 18], C. Saccharolyticus [5, 9, 14, 17], Ethanolgenensharbinens [13], Klebsiella sp. [8, 18], Natronincola [12], Parabacteroides distasonis [13], C. Perfringens [13], S. Cerevisiae [10].

### 5. Working conditions

The working conditions of the anaerobic digestion to produce hydrogen can be very different, in each experiment.

In table 4 are presented the values of temperature and of pH, during the experiments.

**Table 4.** Working conditions of anaerobic digestion

Year	Ref.	Temp. [°C]	pH [-]
1994	[6]	38-40	6-8
2006	[7]	36	4-9
2008	[4]	37	NA
2009	[8]	35-36	NA
2009	[9]	70	7.2
2009	[10]	55	NA
2011	[11]	36	5.2-5.4
2012	[5]	55	6.5; 8
2012	[13]	35	6-7
2012	[18]	37	5.5
2012	[16]	37	NA
2012	[14]	72	7
2012	[15]	37; 50	5.5

It can be observed that temperature conditions can vary from low (35-37)°C to medium (50-55)°C and high (70-72)°C, while pH vary in the range of (4-9).

### 6. Gas production

The gaseous hydrogen production was investigated in several studies, as indicated in table 5.

**Table 5.** Gas production (Hydrogen)

Year	Ref.	H <sub>2</sub>	u.m.
2006	[7]	10.14 - 68.1	ml/g
2009	[9]	8.14 - 44.68	l/kg
2009	[10]	178.0	ml/g
2011	[15]	1045 ±26.6 5.18 - 19.63	ml/l ml/g
2012	[5]	7.1	ml/g
2012	[18]	0.8	mol/mol
2013	[17]	2.9	l/l/day

In these studies the hydrogen production is reported to the quantity of biomass or of culture media.

The gas quality is an important issue for this type of studies, because the anaerobic digestion is always producing other gases besides hydrogen.

Usually the gas quality is determined by gas chromatography. Some devices are equipped with thermal conductivity detectors [7, 9 12-14] and others with flame ionization detectors [5, 7, 10].

In table 6 are indicated the Gas Chromatographs used in different studies.

**Table 6.** Types of Gas Chromatographs

Year	Ref.	GC type and model
2006	[7]	Agilent 4890D
2008	[4]	Agilent 6890
2009	[9]	HP GC 6890
2009	[10]	GC Porapak; H-P 5890 II
2011	[12]	GC
2012	[5]	Shimadzu GC-14
2012	[13]	GC 8900
2012	[14]	Packard GC
2012	[15]	Clarus 280, Perkin Elmer; GC-3900, Varian
2013	[17]	Micro-GC (CP-4900)

The volume percentage of H<sub>2</sub> in the biogas production was reported as: (10-64)% [5], 52% [7], (57.2-63.9)% [11], (1-38)% [13].

### 7. Conclusion

Anaerobic digestion of biomass with high content of lignocellulose proved to be a viable solution for biohydrogen production.

Even if this process is very complex, all the related aspects are studied in the literature: substrate, culture media, microorganisms, working conditions of the anaerobic digestion, etc.

The quantitative and qualitative gas production has been intensive investigated proving that biohydrogen can be considered as a reasonable alternative to the fossil fuels responsible by massive CO<sub>2</sub> emissions in the atmosphere.

### Acknowledgement

This study is supported by the Sectorial Operational Programme for Human Resources Development POSDRU/159/1.5/S/137516 financed from the European Social Fund and by the Romanian Government.

### REFERENCES

- Teleky, B.E., and Bălan, M.C. (2014). Hydrogen Production by Anaerobic Digestion of Biomass with High Lignocellulose Content - References Selection Procedure, *Applied Mechanics and Materials*, 659, 475-480.
- Balat, M. (2008). Potential importance of hydrogen as a future solution to environmental and transportation problems, *International Journal of Hydrogen Energy*, 33, 4013-4029.
- Cantrell, K.B., Ducey T., Ro, K.S., and Hunt, P.G., (2008). Livestock waste-to-bioenergy generation opportunities, *Bioresource Technology*, 99, 7941-7953.
- Balat, H., and Kirtay, E., (2010). Hydrogen from biomass- Present scenario and future prospects, *International Journal of Hydrogen Energy*, 35, 7416-7426.
- Argun, H., Kargi, F., Kapdan, I.K., and Oztekin R., (2008). Batch dark fermentation of powdered what starch to hydrogen gas: Effects of the initial substrate and biomass concentrations, *International Journal of Hydrogen energy*, 33, 6109-6115.
- Chen, C-C., Chuang, Y-S., Lin, C-Y., Lay, C-H., and Sen, B., (2012). Thermophilic dark fermentation of untreated rice straw using mixed culturesfor hydrogen production, *International Journal of Hydrogen Energy*, XXX, 1-7.
- Kalia, V.C., Jain, S.R., Kumar, A., and Joshi, A.P., (1994). Fermentation of biowaste to H<sub>2</sub> by *Bacillus licheniformis*, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 10, 224-227.
- Fan, Y-T., Zhang, Y-H., Zhang, S-F., Hou, H-W., and Ren, B-Z., (2006). Efficient conversion of wheat straw wastes into biohydrogen gas by cow dung compost, *Bioresource Technology*, 97, 500-505.
- Fernandes, T.V., Bos, G.J.K., Zeeman, G., Sanders, J.P.M. and van Lier, J.B., (2009). Effects of thermo-chemical pre-treatment on anaerobic biodegradability and hydrolysis of lignocellulosic biomass, *Bioresource Technology*, 100, 2575-2579.
- Ivanova, G., Rákhely, G., and Kovács, K.L., (2009). Thermophilic biohydrogen production from energy plants by *Caldicellulosiruptor saccharolyticus* and comparison with related studies, *International Journal of Hydrogen Energy*, 34, 3659-3670.
- Kaparaju, P., Serrano, M., Thomsen, A.B., Kongjan, P., and Angelidaki, I., (2009). Bioethanol, biohydrogen and biogas production from wheat straw in a biorefinery concept, *Bioresource Technology*, 100, 2562-2568.
- Nasirian, N., Almassi, M., Minaei, S. and Widmann, R., (2011). Development of a method for biohydrogen production from wheat straw by dark fermentation, *International Journal of Hydrogen Energy*, 36, 411-420.
- Porsch, K., Wirth, B., Tóth, E.M., Schattenberg, F., Derenkó, J. and Nikolausz, M., Anaerobic digestion of wheat straw by alkaliphilic mixed cultures and their physiological and molecular characterization, 1-4.
- Cheng, H-H., Whang, L-M., Wu, C-W., and Chung, M-C., (2012). A two stage bioprocess

- for hydrogen and methane production from rice straw bioethanol residues, *Bioresource Technology*, 113, 23-29.
15. Panagiotopoulos, I.A., Bakker, R.R., Vrije, T., Claassen, P.A.M., and Koukios, E.G., (2013). Integration of first and second generation biofuels: Fermentative hydrogen production from wheat grain and straw, *Bioresource Technology*, 128, 345-350.
  16. Quéméneur, M., Bittel, M., Trably, E., Dumas, C., Fourage, L., Ravot, G., Steyer, J-P., and Carrère, H., (2012). Effect of enzyme addition on fermentative hydrogen production from wheat straw, *International Journal of Hydrogen Energy*, 37, 10639-10647.
  17. Nkemka, V.N. and Murto, M., (2013). Biogas production from wheat straw in batch and UASB reactors: The roles of pretreatment and seaweed hydrolysate as a co-substrate, *Bioresource Technology*, 128, 164-172.
  18. Pawar, S.S., Nkemka, V.N., Zeidan, A.A., Murto, M., and van Niel, E.W.J., (2013). Biohydrogen production from wheat straw hydrolysate using *Caldicellulosiruptor saccharolyticus* followed by biogas production in a two-step uncoupled process, *International Journal of Hydrogen Energy*, 38, 9121-9130.
  19. Maintinguer, S.I., Fernandes, B.S., Duarte, I.C.S., Saavedra, N.K., Adorno, M.A.T., and Varesche, M.B.A., (2011). Fermentative hydrogen production with xylose by *Clostridium* and *Klebsiella* species in anaerobic batch reactors, *International Journal of Hydrogen Energy*, 36, 13508-13517.

Authors' contacts

Address:

Technical University of Cluj-Napoca, Bd.

Muncii 103-105, Cluj-Napoca, Romania

E-mail: tbernadette@mail.utcluj.ro

E-mail: mugur.balan@termo.utcluj.ro





## ПРИЛОЖЕНИЕ НА УРАВНЕНИЕТО НА ДУФИНГ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА СВОБОДНИ ТРЕПТЕНИЯ НА МАХАЛО

СВЕТЛИН СТОЯНОВ

**Резюме:** Представено е приложение на уравнението на Дуфинг, даващо възможност за аналитично изследване на свободните незатихващи трептения на математично или физично махало. Изведено е уравнението на скелетната крива. Посредством числено решаване са получени времедиаграмите на трептенията при различни стойности на ъгъла на начално отклонение. Чрез дискретно преобразуване на Фурие те са прехвърлени в честотната област и са построени спектрограмите. Посредством тях скелетната крива е начертана отново и е сравнена с получената чрез символното решение.

**Ключови думи:** нелинейни трептения, уравнение на Дуфинг, осцилатор на Дуфинг, махало, скелетна крива, аналитично решение, числено решение, дискретно преобразуване на Фурие, спектрограми, вибродиагностика.

## AN APPLICATION OF DUFFING OSCILLATOR FOR STUDDING THE FREE VIBRATIONS OF A PENDULUM

SVETLIN STOYANOV

**Abstract:** This paper presents an application of Duffing oscillator for studding the free undamped vibrations of a pendulum. An analytical solution for the skeleton curve is derived. The time-diagrams of the vibrations are obtained through numerical solving. These time-diagrams are converted into spectrograms with help of the discrete-time Fourier transform. The frequency of the main harmonic is extracted from the spectrograms and the skeleton curve is drawn again. Finally, the analytical skeleton curve and the numerical skeleton curve are compared.

**Key words:** nonlinear vibrations, Duffing equation, Duffing oscillator, pendulum, skeleton curve, analytical solution, numerical solution, discrete-time Fourier transform, spectrograms, vibro diagnostic.

### 1. Въведение

Нелинейността на коравината на много машинни елементи може да бъде апроксимирана посредством кубична зависимост от преместването. Такива са например търкалящите лагери [1], виброизолаторите и класическото за механиката математично или

физично махало [2]. Поради това уравнението на Дуфинг се използва често при моделиране динамиката на нелинейни механични системи, включително и за целите на вибродиагностиката [3, 4, 5].

Махалото е един от основните модели за изследване на механични трептения. Характерни

негови приложения са при инерционните задвижвания и параметричните трептения, включително и при специфичния случай на люлеене чрез самозасилване [6, 7]. Поради това, представлява интерес приложението на уравнението на Дуфинг за изследване на трептенията на математично и физично махало.

Точно решение на уравнението на Дуфинг може да бъде описано посредством елиптичните функции на Якоби [8]. При вибродиагностиката на машините чрез първични преобразуватели се отчитат времедиаграмите на вибрациите – най-често виброускорението. При реализиране на хармоничен анализ, тези времедиаграми се представят като сума от хармоници посредством ред на Фурие. По този начин вибросигнала се прехвърля от времевата в честотната област. Поради това, в настоящото изследване ще бъде използвано хармонично решение във вида

$$\varphi = A \sin(pt) \quad (1)$$

**Целта** на това изследване е да предложи аналитично решение във вида (1) за уравнение на Дуфинг, описващо свободните трептения на математично или физично махало и да определи областта на адекватността на това решение. За постигане на тази цел са формулирани следните **задачи**: да се изразят параметрите на уравнението на Дуфинг така, че то да описва трептенията на математично или физично махало; да бъде изведено уравнението на скелетната крива; аналитично получената скелетна крива да бъде сравнена с числено получена такава.

## 2. Уравнение на скелетната крива

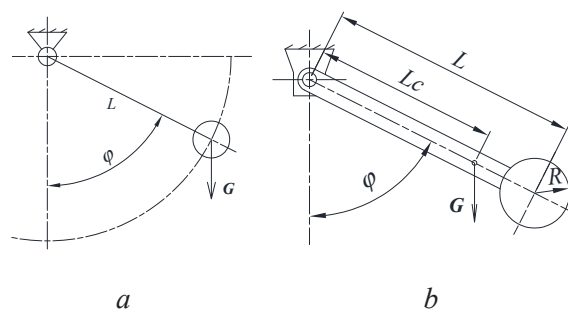
Свободните трептения в несъпротивителна среда на механична система с една степен на свобода и коравина, която е кубична функция на деформацията се описват с уравнение на Дуфинг в следния вид:

$$\ddot{\varphi} + \omega^2 \varphi + \beta \varphi^3 = 0. \quad (2)$$

На фиг. 1 са представени схеми на математично и на физично махало, а уравнения (3) и (4) са съответните диференциалните уравнения на техните свободни трептения:

$$\ddot{\varphi} + \frac{g}{L} \sin(pt) = 0 \quad (3)$$

$$\ddot{\varphi} + \frac{mgL_c}{L} \sin(pt) = 0. \quad (4)$$



Фиг. 1. Схеми на математично (а) и физично (б) махало

Посредством развиване в ред на Тейлор на функцията синус, уравнения (3) и (4) могат да бъдат представени във вида

$$\ddot{\varphi} + k\varphi - k \frac{\varphi^3}{6} = 0, \quad (5)$$

където  $k = g/L$  за математично махало и  $k = mgL_c/I$  за физично махало.

След съпоставяне на уравнение (5) и уравнение (2), става ясно, че свободните трептения на математично или физично махало могат да бъдат описани посредством уравнението на Дуфинг при:

$$\omega = \sqrt{k}, \quad (6)$$

$$\beta = -\frac{1}{6} \omega^2. \quad (7)$$

След заместване на (7) в (2), диференциалното уравнение на свободните трептения на махало може да се запише във вида

$$\ddot{\varphi} + \omega^2 \varphi - \frac{1}{6} \omega^2 \varphi^3 = 0. \quad (8)$$

В това изследване търсим едно аналитично решение на уравнение (8) при хармонични трептения по закона, зададен с уравнение (1). След заместване на (1) в (8) се получава

$$\ddot{\varphi} = \frac{1}{6} \omega^2 A^3 \sin^3(pt) - \omega^2 A \sin(pt). \quad (9)$$

Посредством прилагане на тригонометричната зависимост

$$\sin^3(x) = \frac{3}{4} \sin(x) + \frac{1}{4} \sin(3x) \quad (10)$$

уравнение (9) може да бъде записано в следния вид

$$\ddot{\varphi} = \frac{1}{6} \omega^2 A^3 \left[ \frac{3}{4} \sin(pt) + \frac{1}{4} \sin(3pt) \right] - \omega^2 A \sin(pt). \quad (11)$$

Интегрираме двукратно двете страни на това уравнение. Интеграционни константи различни от нула биха довели до поява в решението на неперидични членове, пропорционални на времето [9]. Тъй като в това изследване се търси хармонично решение, то интеграционните константи се приемат равни на нула. Още повече, че според [10], появата на такива неперидично пропорционални на времето членове е въобще невъзможна при нелинейните системи. След интегрирането се получава

$$\dot{\varphi} = \frac{\omega^2}{p^2} \left( A - \frac{3}{24} A^3 \right) \sin(pt) - \frac{\omega^2}{p^2} \frac{A^3}{216} \sin(3pt). \quad (12)$$

Приравняваме амплитудата на хармоника с честота  $p$  на  $A$ , както сме задали търсеното решение (1) и се получава

$$\frac{\omega^2}{p^2} \left( A - \frac{3}{24} A^3 \right) = A. \quad (13)$$

След преобразуване, уравнение (13) добива вида

$$p^2 = \omega^2 - \frac{3}{24} \omega^2 A^2. \quad (14)$$

Уравнение (14) описва скелетната крива на трептенията на махалото.

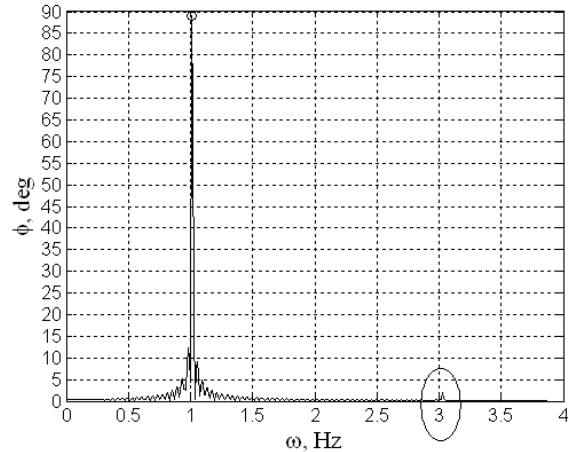
### 3. Числено изследване

Численото изследване е реализирано за физично махало при следните стойности на параметрите: дължина на пръта  $L = 400 \text{ mm}$ , маса на пръта  $m_1 = 2 \text{ kg}$ ; радиус на диска  $R = 50 \text{ mm}$ ; маса на диска  $m_2 = 5 \text{ kg}$ .

Нелинейното диференциално уравнение (8) е решено числено по метод на Рунге-Кута и са получени времедиаграмите на трептенията при различни стойности на ъгъла  $\varphi_0$  на начално отклонение от равновесното положение. Чрез дискретно преобразуване на Фурие те са прехвърлени в честотната област и са построени спектрограмите.

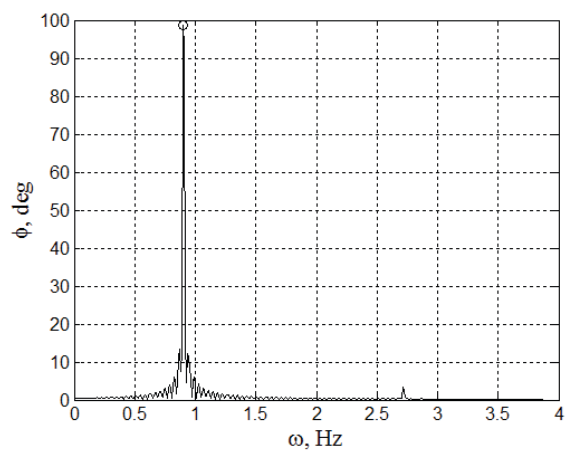
Спектрограмата при  $\varphi_0 = 100^\circ$  е показана на фиг. 2. Наблюдават се два хармоника с честоти 1.006 Hz и 3.020 Hz, които съответстват

на честотите  $p$  и  $3p$  в аналитично получения закон за движение (12). Амплитудата на субхармоника е повече от 40 пъти по-малка от амплитудата на основният хармоник. Следователно, може да се твърди, че при стойности на ъгъла на начално отклонение до 100 градуса, трептенията са близки до хармоничните (еднотонните), приети посредством уравнение (1).



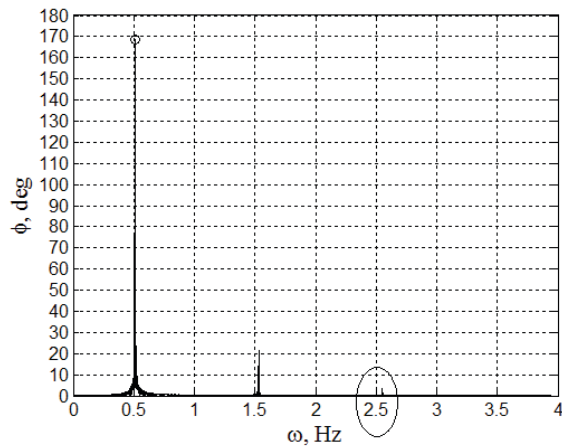
Фиг. 2. Спектрограма на трептенията при ъгъл на начално отклонение 100 градуса

Спектрограмата при  $\varphi_0 = 120^\circ$  е представена на фиг. 3. Наблюдава се нарастване на амплитудата на субхармоника и намаляване на честотите при запазване на съотношението между тях.



Фиг. 3. Спектрограма на трептенията при ъгъл на начално отклонение 120 градуса

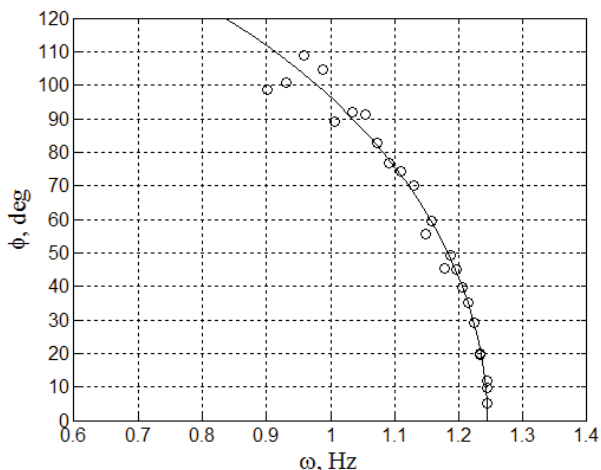
При  $\varphi_0 = 170^\circ$ , трептението вече съдържа два субхармоника – фиг. 4. Честотите на субхармониците и отношението им към честотата на основния хармоник са съответно:  $1.5301 / 0.5107 = 2.996$  и  $2.5495 / 0.5107 = 4.992$ .



Фиг. 4. Спектрограма на трептенията при ъгъл на начално отклонение 170 градуса

#### 4. Сравнителен анализ

Уравнение (14) дава аналитична зависимост за скелетната крива. Тя е представена на фиг. 5 с непрекъснатата линия. Посредством честотата на основния хармоник от спектрограмите, скелетната крива може да бъде построена и числено – съответните точки са добавени към фиг. 5. Вижда се, че след появата и нарастването на субхармониците, представени на фиг. 3 и 4, съответствието между аналитично и числено получената скелетна крива намалява.



Фиг. 5. Аналитична и числена скелетна крива

#### 5. Заключение

Посредством уравнение (10) може да се обясни наличието на субхармоници при трептенията на системите с нелинейна зависимост на възстановяващата сила от преместването. От това уравнение се вижда, че поради степенуването на хармоничното преместване се поражда полихармонична възстановяваща сила, съдържаща няколко хармоника с кратни честоти.

Разработката ще продължи с изследване на трептенията при наличие на дисипативна и смущаваща сила и със сравнителен анализ на резултатите.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Tiwari, R. (2000) 'On-line Identification and Estimation of Non-linear Stiffness Parameters of Bearings', *Journal of Sound and Vibration*, vol. 234, no. 5, pp. 906-910.
2. Kovacic, I. and Brennan, M. (2011) *The Duffing Equation: Nonlinear Oscillators and their Phenomena*, Chichester: John Wiley & Sons.
3. Patel, N., Tandon, N. and Pandey R. (2012) 'Defect Detection in Deep Groove Ball Bearing in Presence of External Vibration using Envelope Analysis and Duffing Oscillator', *Measurement*, vol. 45, pp. 960–970
4. Shi, H., Fan, S., Xing, W. and Sun, J. (2015) 'Study of Weak Vibrating Signal Detection based on Chaotic Oscillator in MEMS Resonant Beam Sensor', *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 50-51, pp. 535–547.
5. Li, C. and Qu, L. (2007) 'Applications of Chaotic Oscillator in Machinery Fault Diagnosis', *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 21, pp. 257–269.
6. Боздуганова, В., Стоянов, С. и Витлиемов, В. (2011) 'Математично махало с променлива дължина и подвижно окачване като симулатор на люлка', *Механика на машините*, Т. 19 (93), № 2, стр. 51-54.
7. Стоянов, С. (2012) 'Честотни характеристики на нелинейни параметрични трептения на махало с подвижно окачване', *Механика на машините*, Т. 20 (96), № 1, стр. 67-73.
8. Salas, A. (2014) 'Exact Solution to Duffing Equation and the Pendulum Equation'. *Applied Mathematical Sciences*, vol. 8, no. 176, pp. 8781–8789.
9. Enns, R. and McGuire, G. (2001) *Nonlinear Physics with Mathematica for Scientist and Engineers*, Boston: Birkhauser.
10. Белниколовски, Б. (2008) *Избрани глави от динамиката*, София: Технически университет.

Катедра Техническа механика  
Русенски университет  
Адрес: ул. Студентска 8, Русе 7017  
E-mail: sstoyanov@uni-ruse.bg





## МОДЕЛИРАНЕ НА МОНОТРЪБЕН АМОРТИЗАТОР, ЧУВСТВИТЕЛЕН КЪМ УСКОРЕНИЕ В СРЕДАТА НА LAB AMESIM

ДЕЧКО РУСЧЕВ, РАЙЧО РАЙЧЕВ, ЧАВДАР ПАШИНСКИ

**Резюме:** В настоящата статия е представен симулационен модел на монотръбен амортизатор, който е снабден с допълнителен инерционен клапан, чувствителен към ускорението на подвижните части. За настройка на параметрите на симулационния модел, са използвани метода за сондиране на допустимата област и метода на симплексното търсене.

**Ключови думи:** монотръбен амортизатор, Lab AMESim, инерционен клапан

## ACCELERATION SENSITIVE MONOTUBE DAMPER MODELING IN LAB AMESIM

DECHKO RUSCHEV, RAYCHO RAYCHEV, CHAVDAR PASHINSKI

**Abstract:** This paper presents a simulation model of monotube damper, equipped with additional inertia valve sensitive to the acceleration of the moving parts. The model is built on an existing construction. To set the parameters of the simulation model used method for probing the eligible area and the method of simplex search.

**Key words:** monotube damper, Lab AMESim, inertia valve

### 1. Основни положения

Развитието на съвременните автомобилни амортизатори преди всичко е свързано с осигуряване на възможност за желана промяна на демпфиращата сила. До настоящия момент тази промяна се осъществява с помощта на външно регулируеми клапани и чрез т. нар. инерционни клапани, които променят характеристиката на амортизатора с промяната на определен кинематичен параметър. Тази промяна се осъществява в зависимост от индивидуалните изисквания към отделните амортизатори.

Голяма част от научните трудове в областта на автомобилните амортизатори са посветени на допълнителните инерционни елементи от състава на клапановата система.

В [1] е изследвано влиянието на амортизатор, снабден с допълнителен инерционен клапан, върху комфорта и

устойчивостта на превозните средства. Направено е сравнение между конвенционалния амортизатор и такъв, с наличие на допълнителен клапан. Резултатите от изследването показват предимството на инерционния клапан, което се изразява в повишаване на комфорта при превозното средство, без това да се отрази на неговата устойчивост.

В [2] е представена конструкция на инерционен клапан, който променя демпфиращата сила при промяна на амплитудата на смущаващото въздействие. Този клапан е приложен като допълнителен модул към монотръбен амортизатор. Изведени са уравненията за движение на амортизатора, както и уравненията, описващи динамиката на автомобилното окачване. Реализиран е и числен експеримент, който отразява предимството на амортизатора с допълнителен клапан.

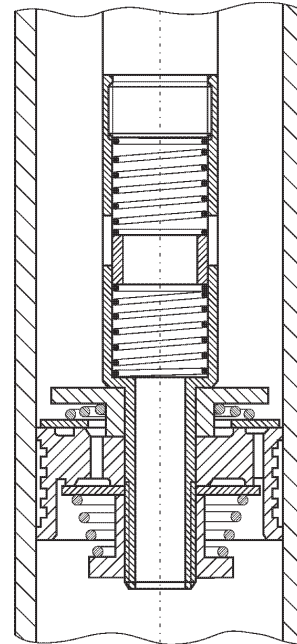
В [3] е описан математичен модел на двутръбен автомобилен амортизатор, който в работен режим променя характеристиките на демпфиращата сила, след промяна в положението на буталото. Изменението на характеристиките се осъществява чрез осигуряване на допълнително преминаване на работна течност между буталото и камерите на амортизатора. За изграждане на адекватен нелинеен математичен модел авторите използват уравненията за непрекъснатост на потока при работните камери на амортизатора и уравнението на идеалния газ за компенсационната камера. За определяне на демпфиращата сила е изградена идеализирана схема на буталото, като са представени всички сили, които му оказват влияние в процеса на работа. В разглежданият модел работния диапазон на буталото е разделен условно на три зони - „твърда“, „мека“ и преходна зони. На построените след симулацията работни диаграми е отчетена промяната на демпфиращата сила, в зависимост от зоната, през която преминава буталото.

В [4] е представен модел на саморегулируем двутръбен автомобилен амортизатор. Промяната на демпфиращата сила при тази конструкция се осъществява чрез специфични калибрирани отвори, разположени върху работния цилиндър. По този начин, в работни условия демпфиращата сила се променя стъпаловидно в зависимост от положението на буталото: постигат се ниски стойности при коефициентите на демпфиране в началото на работния ход на буталото, средни стойности на тези коефициенти в средния работен диапазон и високи стойности в края на работния ход.

Целта на настоящата работа е да бъде изграден симулационен модел на монотръбен амортизатор, снабден с допълнителен инерционен клапан, който реагира при промяна в ускорението на подвижните части на амортизатора. Численото моделиране на виброзащитна система с демпфер, чувствителен към ускорение и нейното изследване при два вида силово смущение е представена в [5].

На фигура 1 е показана функционалната схема на тази част от клапана на демпфера, която създава ефекта на чувствителност към ускорението на подвижната маса. Клапанът се състои от подвижен цилиндричен елемент (инерционен елемент), еластично окачен в цилиндричен аксиален отвор в буталния прът на амортизатора. В стената на буталния прът са изработени правоъгълни отвори, свързващи двете камери на демпфера, а цилиндричният елемент е окачен така, че да закрива част от тях.

Под влияние на ускорението на подвижните части, свързани с буталния прът на демпфера, цилиндричният елемент се премества и увеличава или намалява площта на отворите, което води до промяна на съпротивителната сила.



Фиг. 1.

## 2. Описание на симулационния модел

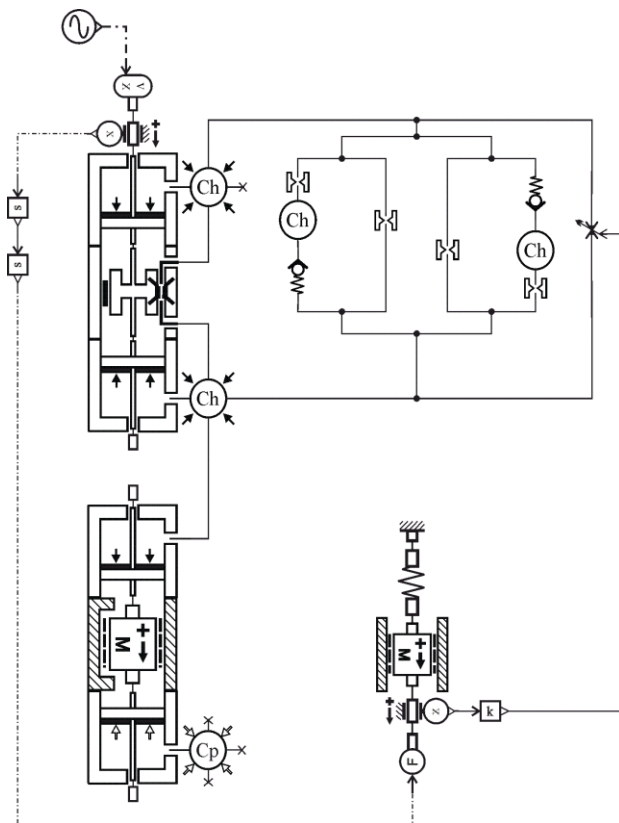
В настоящата статия моделирането на еднотръбен амортизатор, чувствителен към ускорение е осъществено със специализирания софтуер Lab Amesim (Advanced Modeling Environment for performing Simulations of engineering systems). Той е предназначен за моделиране, симулация, анализ и оптимизация на системи в различни инженерни области. Lab Amesim е базиран на интуитивен графичен интерфейс, при който всеки компонент е предварително дефиниран и е представен чрез стандартизирани символи. Изграждането на симулационни модели при този софтуер се осъществява чрез свързването на отделни компоненти, които са интегрирани в специализирани библиотеки.

На фигура 2 е показан модел на монотръбен амортизатор в средата на Lab AMESim, който се характеризира с наличието на допълнителен клапан, чувствителен към ускорение. Изграждането на симулационния модел е базирано на модела, описан в [6]. За настройка на подмоделите в Lab AMESim, са използвани геометричните характеристики на еднотръбен амортизатор „KAYABA Gas a just“, както и резултатите получени от проведеното

експериментално изследване на същия амортизатор. В таблица 1 са представени основните характеристики, използвани за настройка на симулационния модел.

Таблица 1.

Диаметър на буталото	$D=32\text{ mm}$
Диаметър на буталния прът	$d=12\text{ mm}$
Хлабина между буталото и цилиндъра	$h=0,05\text{ mm}$
Налягане в компенсационната камера	$P=23,6\text{ bar}$
Плътност на флуида	$\rho = 860\text{ kg / m}^3$
Вискозитет	$\mu = 40\text{ mPa}\cdot\text{s}$



Фиг. 2.

Настройката на геометричните параметри, свързани с инерционния клапан, е осъществена от условието за работа на клапана в резонансния режим на колелото на автомобила. Използвани са следните параметри:

- коефициент на еластичност на пружината:  $c = 0,02\text{ N / mm}$

- маса на клапана:  $m = 8 \cdot 10^{-3}\text{ kg}$

Изграденият симулационен модел се състои от седем неизвестни параметъра, които са свързани с диаметрите на отворите при клапановата система, необходимото налягане за отварянето на клапаните, а така също и градиента на налягането след отваряне на клапаните. За определянето на параметрите се използват два метода:

- Метод за сондиране на допустимата област [7] - Този метод се използва за да се избегне възможността целевата функция да попадне в локален минимум. В областта на параметрите са генерирани петдесет равномерно разпределени точки. Избира се най-добрата от точките, която отговаря на критерия за минимум на целевата функция:

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [\tilde{F}(x_i) - F(x_i)]^2}{n}} \rightarrow \min \quad (1)$$

Където:

$n$  - Брой на точките;

$\tilde{F}(x_i)$  - Функция, получена от експерименталните резултати;

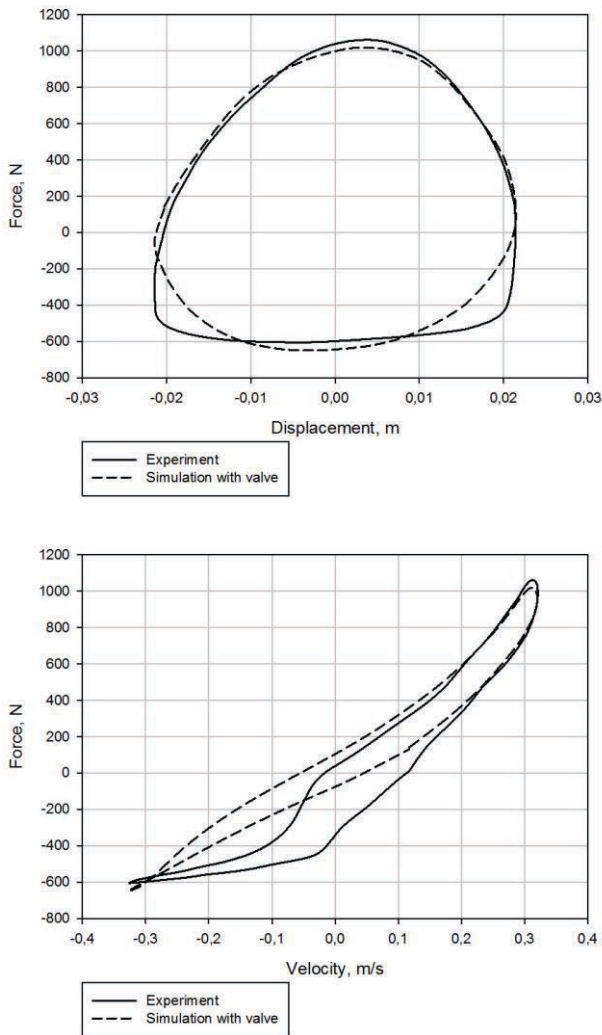
$F(x_i)$  - Функция, получена от симулацията с Lab Amesim.

- Метод на симплексното търсене [8] - Чрез този метод се определят стойностите на търсените параметри, които в най-голяма степен да отразяват поведението на изследвания амортизатор „KAYABA Gas a just“.

### 3. Резултати

Изследването е проведено при синусоидално входно смущение с амплитуди в диапазона от  $5\text{ mm}$  до  $40\text{ mm}$  и честоти съответно в диапазона от  $2,5\text{ Hz}$  до  $6,5\text{ Hz}$ .

На фигура 3 са представени частични резултати при амплитуда  $a = 20\text{ mm}$  и честота  $f = 2,5\text{ Hz}$  от реализираното експериментално изследване на монотръбен амортизатор „KAYABA Gas a just“ и симулационния модел, изграден в средата на Lab Amesim.



Фиг. 3.

#### 4. Заключение

Анализът на получените резултати от експерименталното изследване и симулацията показват, че площта под диаграмата „Сила – преместване“, получена експериментално е по-голяма с 3,3% от площта на същата диаграма, получена в резултат на симулацията. Този резултат дава основание да се приеме, че влиянието на инерционния клапан при синусоидално смущение не е съществено.

Обект на предстояща научна работа е изследване на влиянието на инерционния клапан, чувствителен към ускорение при импулсно и стъпаловидно силови смущения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Abreu, G. (2014). Shocks absorbers with inertial valve in vertical dynamic behavior of a passenger car. *Controls, Measurement & Calibration Congress*, India.
2. Goldasz, J. and Knapczyk, M. (2010). Dynamics of a quarter car system with amplitude selective damping. *MODELOWANIE INŻYNIERSKIE*, pages 89-96.
3. Lee, C. and Moon, B. (2006). Simulation and experimental validation of vehicle dynamic characteristics for displacement-sensitive shock absorber using fluid-flow modeling. *Mechanical Systems and Signal Processing*, volume 20, pages 373-388.
4. Niculescu, A., Dumitriu, D., Sireteanu, T. (2008). Half-Car 2D Model Simulation of the Self-Adjustable VZN Shock Absorber Suspension Behavior. *9th WSEAS Int. Conf. on ACOUSTICS & MUSIC: THEORY & APPLICATIONS (AMTA ,08)*, Bucharest, Romania.
5. Русчев, Д. Райчев, Р. Златанов, З. (2008). Математичен модел на ударен демпфер чувствителен към ускорение. *Научни трудове на Съюза на учените в България – Пловдив* Серия В. Техника и технологии, том VII., стр. 6-9, ISSN 1311-9192.
6. Райчев, Р. (2015). Моделиране на еднотръбен амортизатор в средата на Lab Amesim, *Научни трудове на Съюза на учените в България – Пловдив*, Серия В. Техника и технологии, том XII, стр. 12-15, ISSN 1311-9192.
7. Соболев, И. М., Статников, Р. Б. (1981). *Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями*. Москва, Наука.
8. Стоянов, С. (1990). *Методи и алгоритми за оптимизация*. София, Техника.

Контакти:

E-mail: ruschev@tu-plovdiv.bg

E-mail: rpraichev@tu-plovdiv.bg

E-mail: pashinski@yahoo.com





## КОМПЮТЪРНА ПРОГРАМА ЗА УЛЕСНЯВАНЕ НА УПОТРЕБАТА НА УНИВЕРСАЛНА ДЕЛИТЕЛНА ГЛАВА

ЧАВДАР ПАШИНСКИ, ДЕЧКО РУСЧЕВ, РАЙЧО РАЙЧЕВ

**Резюме:** Универсалната делителна глава е важно приспособление към фрезовата машина. Понякога нейното използване, особено при диференциално делене, е затруднително, като е свързано със загуба на време и допускане на грешки. Поради тази причина бе разработена компютърна програма, която извършва всички необходими изчисления за нужната настройка на главата при делене на заготовката на произволен брой части. Тук се разглеждат тази програма и използвания алгоритъм.

**Ключови думи:** делителна глава, делителен апарат, комбинаторен алгоритъм, технология на машиностроенето

## COMPUTER PROGRAM FOR FACILITATION OF UNIVERSAL INDEXING HEAD USAGE

CHAVDAR PASHINSKI, DECHKO RUSCHEV, RAYCHO RAYCHEV

**Abstract:** An universal dividing head is one important contrivance of the milling machine. Sometimes its usage (especially when a differential indexing is implemented) is unpleasant as it is associated with loss of time and errors occurrence. Therefore, one computer program was developed which performs all necessary calculations for the required adjustment of the head when one workpiece being divided into various number of divisions. This program and applied algorithm are shown here.

**Key words:** dividing head, indexing head, combinatorial algorithm, manufacturing engineering

### 1. Въведение

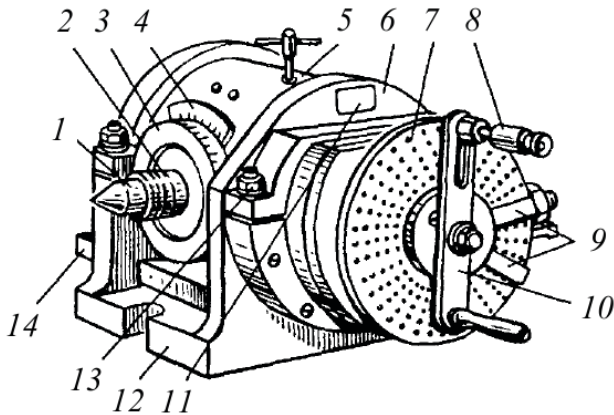
В машиностроенето отдавна се използват универсалните делителни глави (апарати), които имат две функции. Едната е разделяне на равни части по окръжност на заготовката (респективно нейното завъртане на някакъв ъгъл), а другата – предаване на въртливо движение на заготовката при изработката на спирални канали. Първата, която е по-често използвана в практиката, се решава с предлаганата програма. Общ вид на една делителна глава е показан на Фиг. 1.

С нея е възможно да се осъществяват три вида делене: непосредствено, просто и диференциално (съществува и т. н. съставно

делене, което е комбинация от две прости по окръжности с различен брой отвори, но то практически не се използва, тъй като притежава редица недостатъци [1]). По-долу се дава кратка информация за видовете делене, които са детайлно разгледани в [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Непосредственото делене се извършва чрез завъртане на градуирания диск 3, като за точното му препозициониране се използва нониуса 4. Възможно е градуировката да е изпълнена с 24, 30, 36 деления. При това може да се дели само на части, за които този брой деления е кратен (напр. при 24 деления може да се дели на 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 и 24 части). Това, разбира се, е силно ограничение, но

непосредственото делене се извършва лесно и за него не е необходимо да се правят никакви предварителни изчисления. То не е обект на разглежданата компютърна програма.



Фиг. 1. Общ вид на универсална делителна глава [4]

Простото делене се извършва чрез завъртане на дръжката 10, като преди това фиксаторът 8 се нагласява към някоя от окръжностите с отвори на делителния диск (шайба) 7, който е неподвижен. За улеснение при многократно препозициониране на фиксатора 8 се използва раздвижен сектор (вилки) 9. В сила е следната формула:

$$n = \frac{N}{z} = A + \frac{ma}{mb}, \quad (1)$$

където  $n$  – количество обороти на дръжката, необходимо за завъртане на заготовката на следваща позиция,  $N$  – характеристика на делителната глава,  $z$  – желан брой деления (части),  $A$  – цяло число на оборотите на дръжката,  $a/b$  – дробна част на оборотите на дръжката,  $m$  – множител. Множителят  $m$  трябва да се подбере така, че произведението  $mb$  да съответства на някоя от окръжностите с отвори върху наличните делителни дискове. Тогава  $ma$  ще бъде количеството отвори върху същата окръжност, на които трябва допълнително да се завърти дръжката след цяло число обороти  $A$ .

Въпреки наличието на няколко диска, на всеки от които има няколко различни окръжности с отвори, чрез просто делене има много голямо количество  $z$ , които не могат да се изпълнят.

Диференциалното делене се извършва със същите манипулации като простото с тази разлика, че делителният диск 7 е подвижен. Неговото движение се осъществява чрез зъбна лира, чрез която се предава движение от шпиндела 2 до делителния диск 7.

Използва се следната формула:

$$n = \frac{N}{x} = A + \frac{ma}{mb}, \quad (2)$$

където  $x$  е приближен или условен брой деления (части), останалите означения са като в (1). Изборът на  $x$  се прави така, че това да е възможно по-близка стойност до  $z$ , за която може да се осъществи просто делене.

Настройката на зъбната лира се прави съгласно формулата:

$$i_{cm} = \frac{N(x-z)}{x} = \frac{z_a z_c}{z_b z_d}, \quad (3)$$

където  $i_{cm}$  – предавателно отношение на зъбната лира,  $z_a$  – брой зъби на сменяемото зъбно колело към шпиндела,  $z_b$  и  $z_c$  – брой зъби на сменяемите зъбни колела на обща втулка,  $z_d$  – брой на зъбите на сменяемото зъбно колело към вала на привода на делителния диск, останалите означения са като в (1) и (2). Допълнително е възможно да се добавят до две паразитни зъбни колела, като са възможни четири схеми за настройка на зъбната лира (Фиг. 2).

Съществуват и следните ограничения, продиктувани от условията за сцепляемост:

$$\begin{aligned} z_a + z_b &> z_c + 15 \\ z_c + z_d &> z_b + 15 \end{aligned} \quad (4)$$

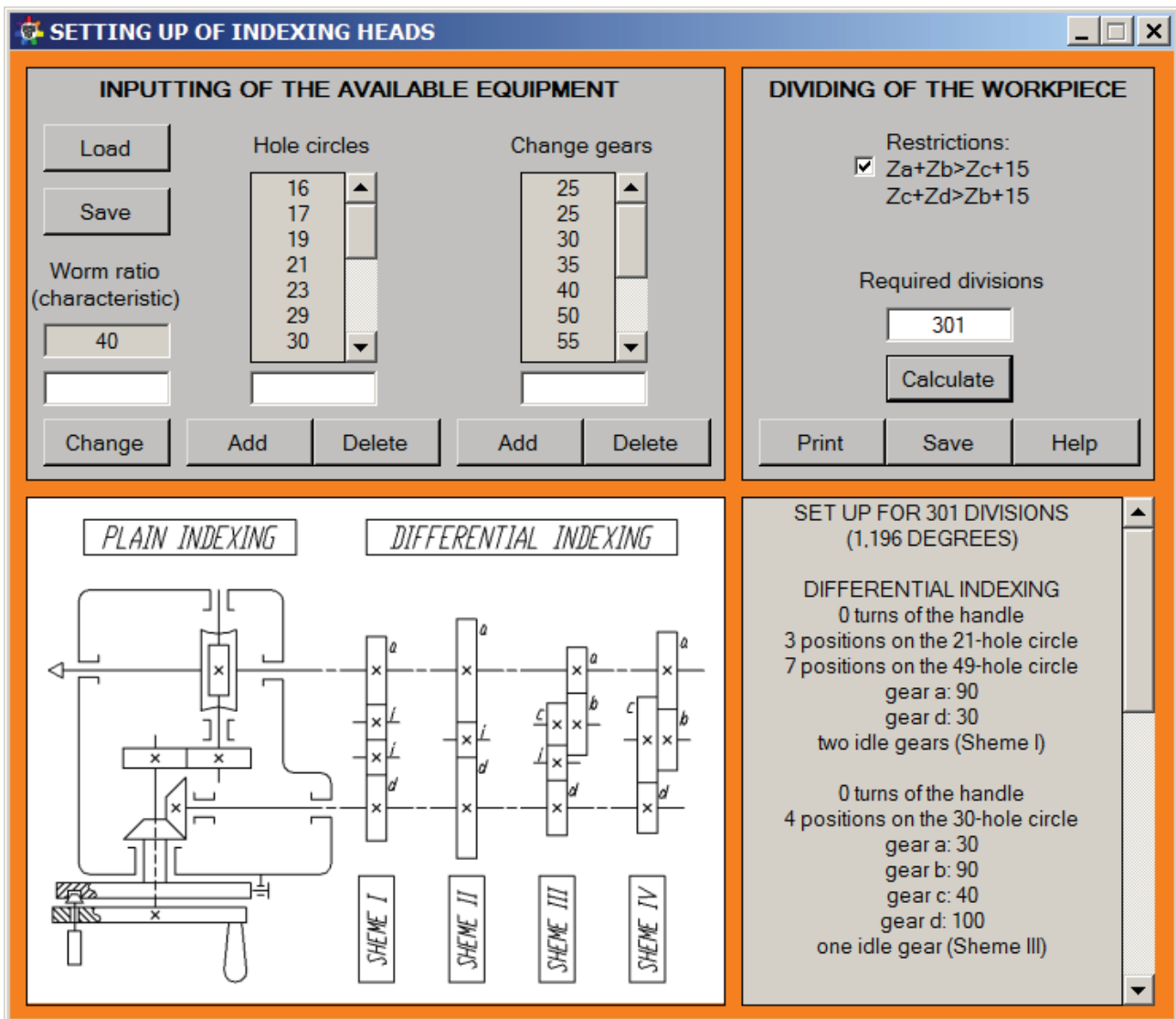
За осъществяването на просто делене не е трудно да се състави алгоритъм, като авторът е открил в Интернет две програми, които го правят [7, 8]. Но, не беше намерена програма, която да извършва изчисления за диференциално делене, на каквито разглежданата тук е способна.

Програмата е създадена конкретно за делителните апарати от серията УДГ Д-160 ÷ УДГ Д-400, но може да се ползва успешно и за всякакви подобни на тях.

## 2. Общ вид на програмата

Основният прозорец на програмата е показан на фиг. 2.

В горната лява част на прозореца е секцията за въвеждане на съществуващата екипировка към делителната глава – окръжности с отвори (според наличните делителни дискове) и зъбни колела. Там се въвежда и характеристиката на делителната глава. Има възможност всички тези данни да се редактират и да се въведат/записват с отделен файл в .txt формат.



Фиг. 2. Основен прозорец на програмата

В горната дясна част е секцията за изчисляване на деленето. Дадена е опция за маркиране на ограниченията от (4). В случая се изисква разделяне на 301 части. Получените решения могат да се записват в отделен файл във .txt формат и да се принтират. Има предвидена и кратка помощ за работа с програмата.

В долната лява част се намира кинематична диаграма на простото и диференциалното деления, като за последното са показани четирите възможни схеми за настройка на зъбната лира.

В долната дясна част в отделно текстово поле със страничен вертикален скролбар се извеждат получените решения. В разглеждания случай програмата не е намерила решение с просто делене и дава няколко решения с диференциално.

Програмата бе реализирана в средата Microsoft Visual Studio 2013, като бе използван Visual Basic.

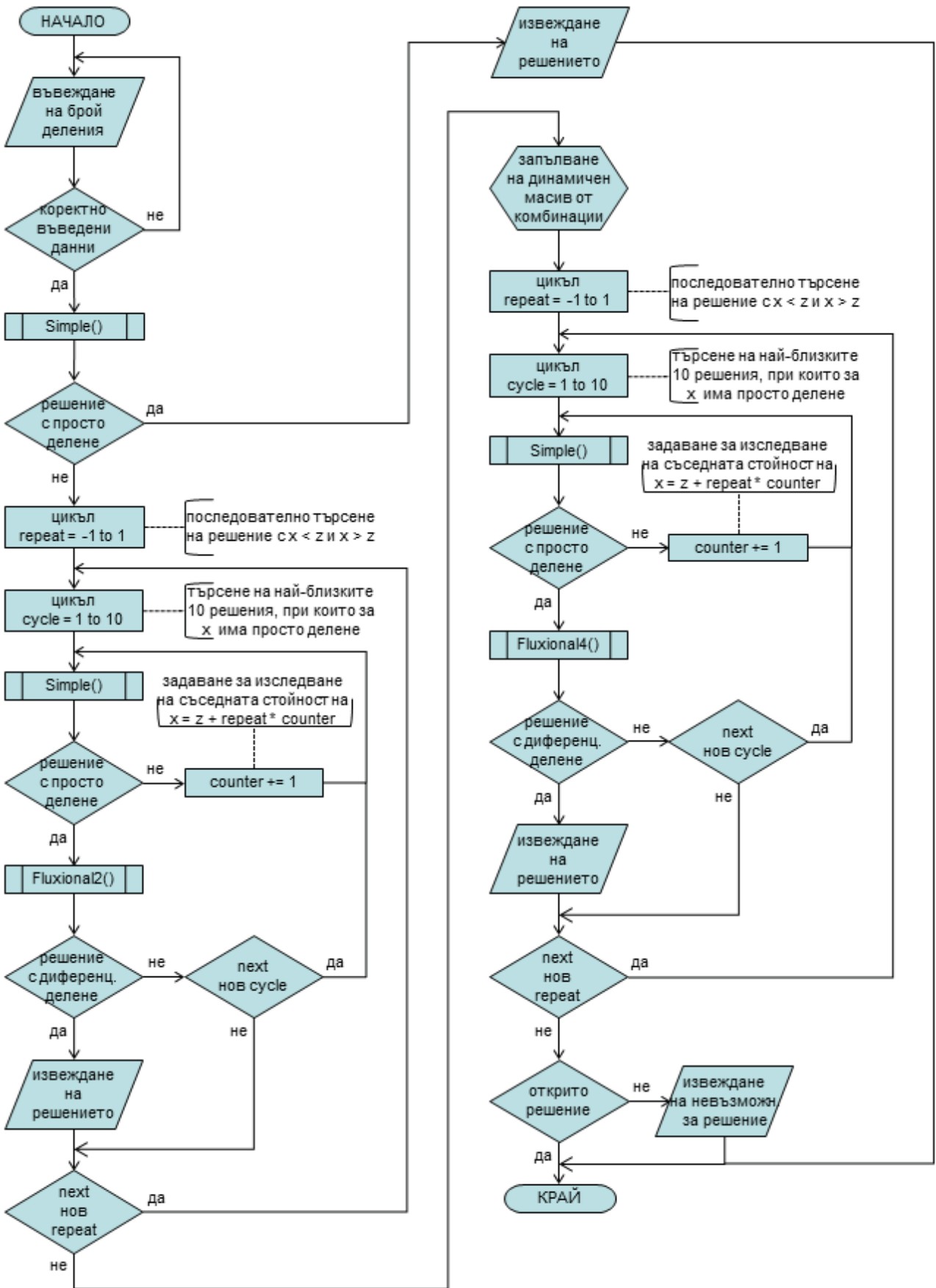
### 3. Алгоритъм на програмата

На Фиг. 3 е показан алгоритъм, който се изпълнява след въвеждане на изискуем брой деления и натискане на бутона „Calculate” от основния прозорец.

Първоначално въведените данни се проверяват за грешка - въведен низ или  $z \leq 0$ , като при такава не се извършват изчисления.

След това се търси решение с просто делене, като при откриване на такова то се извежда и изчислителният процес спира (безсмислено е да се търсят решения с диференциално делене в този случай). Ако не се открие решение с просто делене, се преминава към търсене на решение с диференциално.

Първо се търси решение по Схеми 1 и 2 (Фиг. 2) - зъбните кола  $b$  и  $c$  не се използват. Изследват се 10-те най-близки  $x$  до  $z$ , като  $x < z$ . При намиране на решение или изчерпване на тези стойности се преминава към изследване на 10-те най-близки  $x$  до  $z$ , като  $x > z$ .



Фиг. 3. Изчислителен алгоритъм на програмата

Независимо дали е намерено решение по Схеми 1 или 2, се преминава към аналогично

изследване на Схеми 3 и 4 (Фиг. 2). Това е продиктувано от факта, че макар в тези схеми да



участват всички зъбни колела, труда за настройване на зъбната лира по тях не е много по-голям, а е хубаво да се разполага с повече варианти. За тази цел първо се запълва един динамичен масив с комбинации от втори клас  $C_p^2$ , където  $p$  – брой на наличните зъбни колела (той е необходим за работата на подпрограмата Fluxional4). След това започва изследването на Схеми 3 и 4.

Накрая, ако не е намерено решение с наличната екипировка на делителната глава, се извежда съответно съобщение.

От представения алгоритъм интерес представляват подпрограмите Fluxional2 и Fluxional4, като те си приличат, но втората е по-сложна. В нея се решава задачата за правилен подбор на 4 зъбни колела от всички налични, с чиято помощ може да се осъществи диференциално делене и това е най-сложният елемент от програмата. Постига се чрез изследване на споменатия масив, който съдържа всички комбинации на двойки зъбни колела. Поради липса на достатъчно място, тук е приведен следния код на Fluxional2:

```
Private Sub Fluxional2() 'Диференциално делене с 2 зъбни колела
    Dim big, small, rest As Short
    Dim counter, cycle, number, mark, repeat, item As Short
    Dim numerator, denominator As Short 'числител и знаменател на предавателното отношение на зъбните колела
    Dim gear_a, gear_d As Short 'сменяеми зъбни колела

    Try
        numerator = Math.Abs(characteristic * (division - txtDivision.Text))
        denominator = division 'стойност на приближения брой деления

        'Алгоритъм на Евклид с деление за намиране на най-голям общ делител (НОД)
        If numerator > denominator Then
            big = numerator : small = denominator
        Else
            big = denominator : small = numerator
        End If
        Do
            rest = big Mod small
            If rest = 0 Then Exit Do
            big = small : small = rest
        Loop While rest <> 0
        numerator = numerator / small : denominator = denominator / small 'получаване на несъкратима дроб

        'Търсене на подходяща комбинация от две зъбни колела
        If numerator > denominator Then number = numerator Else number = denominator
        counter = 1
        For cycle = 1 To gears_array.Length - 1
            Do
                If gears_array(cycle) = number * counter Then
                    mark = cycle
                    If number = denominator Then 'тази проверка отчита възможността numerator = denominator
                        gear_d = gears_array(cycle) : item = numerator
                    Else
                        gear_a = gears_array(cycle) : item = denominator
                    End If
                    For repeat = 1 To gears_array.Length - 1
                        If gears_array(repeat) = item * counter And repeat <> mark Then
                            If item = numerator Then 'тази проверка отчита възможността numerator = denominator
                                gear_a = gears_array(repeat)
                            Else
                                gear_d = gears_array(repeat)
                            End If
                            txtResult.Text = txtResult.Text & vbCrLf : solution = True
                            txtResult.Text = txtResult.Text & "gear a: " & gear_a & vbCrLf & "gear d: " & gear_d & _
                                vbCrLf
                            If division - txtDivision.Text > 0 Then
                                txtResult.Text = txtResult.Text & "one idle gear (Scheme II)"
                            Else
                                txtResult.Text = txtResult.Text & "two idle gears (Scheme I)"
                            End If
                        End If
                    Next repeat
                End If
            Loop
        Next cycle
    Catch
    End Try
End Sub
```

```
        End If
      End If
    Next
  End If
  counter += 1
  Loop Until gears_array(cycle) < number * counter
  counter = 1
Next
Catch ex As Exception
Exit Sub
End Try
End Sub
```

#### 4. Заключение

Към комплекцията на един делителен апарат обикновено има предвидено ръководство за експлоатация, техническо описание и т. н., подобни на [2]. В него се срещат готови таблици за настройка на делителната глава според това на колко части трябва да се раздели заготовката. В [2] има таблица до  $z = 400$ . Неин основен недостатък е, че дава само по едно решение за настройка за всяко  $z$ . Предлаганата програма в общия случай дава повече решения. На Фиг. 2 е показано разделяне на 301 части, като са видни две от предлаганите решения (останалите се визуализират чрез скролбара). Второто съответства на това, което е дадено в [2]. Следователно, програмата дава повече възможности. Освен това, разбира се, не е ограничена до  $z = 400$ .

В практиката не винаги са налични всички сменяеми зъбни колела и делителни дискове, не винаги е на разположение таблица с готови решения за делене. Имайки предвид все по-ниското професионално ниво на персонала, подобна програма чувствително би улеснила работата му. Не бе забелязана някаква съществена разлика в устройството, респективно закономерностите при употребата, на други делителни апарати (извън серията УДГ Д-160 ÷ УДГ Д-400), което прави програмата едно универсално решение на проблема с използването им.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Drew, W. T. (ed.) (1993) *Machinery Repairman, NAVEDTRA 12204-A*, USA, Washington D. C: Government Printing Office, pp. 7-11 – 7-15.
2. Ленинградское оптико-механическое объединение (1976) *Головки делительные универсальные УДГ Д-160, УДГ Д-200, УДГ Д-250, УДГ Д-320, УДГ Д-400 техническое описание и инструкция по эксплуатации*, СССР, с. 14 - 37.
3. Барбашов, Ф. А. (1975) *Фрезерное дело*, 2<sup>о</sup> издание, Москва, СССР: Высшая школа, с. 116 - 120.
4. Калмин, Б. И и Корытов, М. С. (2012), *Настройка делительной головки для нарезки зубчатых колес*, Омск, Россия: СибАДИ, с. 3 - 12.
5. Савенок, Л. И. и Шаршуков, И. А. (2009) *Устройство и настройка делительных головок УДГ-Д-250 и ОДГ-60*, Горки, Беларусь: БГСХА, с. 10 - 14.
6. Grizzly Industrial®, Inc. (2009) *Model G1053/G1054 dividing head owner's manual*, Taiwan, pp. 16 – 21.
7. Jacobs, R (2005) *Dividing head calculator 40 to 1 ratio*, Available: [https://www.ameng.com.au/model\\_engineering\\_downloads.htm](https://www.ameng.com.au/model_engineering_downloads.htm) [15 март 2015].
8. O'Reilly, S (2004) *Dividing Head Calculator*, Available: <http://indigo.ie/~soreilly/> [15 март 2015].

Department of Mechanics  
Technical University–Sofia, Branch Plovdiv  
25 Tsanko Dystabanov St.  
4000 Plovdiv  
BULGARIA  
E-mail: [pashinski@yahoo.com](mailto:pashinski@yahoo.com)  
E-mail: [rushev@tu-plovdiv.bg](mailto:rushev@tu-plovdiv.bg)  
E-mail: [rpraichev@tu-plovdiv.bg](mailto:rpraichev@tu-plovdiv.bg)



© Journal of the Technical University – Sofia  
Plovdiv branch, Bulgaria  
“Fundamental Sciences and Applications” Vol. 21, 2015  
International Conference on Engineering, Technologies and Systems  
TECHSYS 2015  
BULGARIA

## ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ НА РОЛНИЯ ИЛЮСТРАЦИОНЕН ОФСЕТОВ ПЕЧАТ БЕЗ ОВЛАЖНЯВАНЕ

ВЛАДИМИР АНГЕЛОВ, РОСИЦА САРДЖЕВА

**Резюме:** *Технологичните възможности на ролния, илюстрационен офсетов печат са го наложили днес като високопроизводителна печатна технология, обособена в самостоятелен индустриален пазарен сегмент на офсетовия печат. Известен като heat set web offset (HSWO), дефиниращ наличието на газова сушилна инсталация в конфигурацията на печатната машина, този печатен способ се прилага за печат на широка гама от продукти – високотиражни луксозни списания, вложки за вестници, каталози, рекламни материали, фирмени брошури и т.н. Тази печатна технология успешно се интегрира и в производството на етикети и опаковки в съответни тиражни интервали.*

*С оглед основните тенденции в печата, а именно перманентно редуциране на тиражите, високи изисквания за качество на печата, както и възходящото развитие на дигиталните технологии за печат, HSWO печатът е поставен в доста уязвима ситуация, отразяваща се негативно на неговото приложение и развитие. Независимо, че е най-производителната технология от всички конвенционални офсетови технологични варианти, се появява необходимост от оптимизиране на разходите и приложението ѝ при средни и дори ниски тиражи. Известно е, че най-високият непроизводителен разход в офсетовия печат е относителният дял на макулатурите, зависещ предимно от овлажняването. Елиминирането на овлажняващия ратвор, при запазване на висока надеждност и качество на печата, е една възможна посока за развитие.*

**Ключови думи:** *илюстрационен ролен офсет, HSWO, овлажняващ разтвор, макулатури*

## APPLICATION OF HSWO PRINTING AS WATERLESS PROCESS (OVERVIEW)

VLADIMIR ANGELOV, ROSSITZA SARDJEVA

**Abstract:** *Commercial web offset printing technology known as heat set web offset (HSWO) is proactive to improve continuously printing quality using high quality papers, specific inks and printing machines equipped with gas dryer system and thus achieving a high position in the graphic art industry. Developments in commercial web offset printing in recent years have to be made in a difficult situation, having in mind permanent short runs. Through ongoing product evolution resulting in a higher productivity of this printing method, it is necessary*

*to adapt it in a real situation according to new market trends. This means more different printing job in middle and even short runs with the same printing quality keeping higher effectiveness. This have direct correlation with availability of fountain solution. The purpose of this article is to see the opportunity to apply HSWO printing as waterless printing process.*

**Key words:** *HSWO, commercial web offset, fountain solution, paper wastage*

## 1. Въведение

HSWO-технологията е изключително важна част от графичната индустрия, заемайки съществен пазарен дял с разнообразна гама от продукти. Не напразно тази технология се описва много точно с израза „повече идеи за работа“. С разширяването на продуктивния си диапазон ролният илюстрационен офсет излиза от рамките на издателския печат и успешно се интегрира в печата на етикети и опаковки.

Техническата и стопанска ефективност при въвеждането в експлоатация на ролната офсетова технология (HSWO) зависи от решаването на комплекс от въпроси. Тук от решаващо значение е успоредно с избора на печатната машина да се решат въпросите, свързани с получаването на печатните форми, типа на хартията, мастилата, довършителната обработка на печатната продукция.

Изборът, инсталирането и пускането в експлоатация на ролната офсетова машина, комплектована с газова сушилна инсталация, е един от най-съществените моменти. Сега съществуват редица машини с твърде различни конфигурации и за правилния избор при всеки конкретен случай е необходимо познание и анализ на тези характеристики с цел коректното управление. Необходимо е и изследване на пазарните и икономически фактори за развитието на heatset печата.

Като цяло проблемите, с които трябва да се справя графичната промишленост, са още по-сериозни за сектора на офсетовия ролен печат, върху който огромно влияние са оказали структурни и циклични предизвикателства като глобалното развитие на медийния сектор с разрастването на интернет. Това свива пазара на печатни продукти в областта на информацията, рекламата, издаелския бранш и др. Обемът на продукцията изглежда ще продължи да бележи спад през следващите години, заради развитието на онлайн публикациите, на рекламата по Интернет и промяната, която това развитие предизвиква в поведението на читателите.

През последните пет години се наблюдава тенденция към намаляване на производството на годишници и каталози. Това

производство обаче е изключително важно за сектора на ролния илюстрационен офсетов печат. Ако тази тенденция продължи, ще има ново преструктуриране, нови сливания и затваряния на производства, придружени от допълнително съкращаване на работни места.

Ето как икономически, социални, пазарни, маркетингови и други фактори предначертavat едно не толкова светло бъдеще за ролния офсетов печат. Всички тези темпове на развитие са предпоставка за насочване на усилията към мерки за адаптация.

### 1.1. Състояние на българския пазар

*В настоящата статия се разглеждат възможностите (обзорно) за елиминиране на овлажняващия разтвор от печата, което е предпоставка за снижаване на стартовите макулатури и повишаване на ефективността на процеса в условията на късите тиражи.*

Тенденциите предначертани още през 2012 г. остават валидни и днес през 2015 г. Сегментът на ролния офсетов илюстрационен печат (издателски) печат е пред сериозната задача на промени в маркетинговата и търговската си политика, оптимизация на разходи и капитали, завоюване на нови пазари и не на последно място технологична модификация с цел по-висока рентабилност и конкурентна способност. Водещи фирми на българския пазар, реализирали производство чрез ролния heatset печат споделят притеснение по отношение на тенденциите пред тази технология. В последните години се наблюдава изключителен спад в относителния дял, който HSWO печата заема като част от графичната индустрия (9-10%). Някои от собствениците на предприятия, в които технологията е част от производствения капацитет са пред дилема да го затворят. Други, за които той е движеща сила, са изправени пред безпощадната конкуренция на алтернативните технологии и дъмпинговите цени в пазара и нелоялна конкуренция. В борбата с всички тези неблагоприятни фактори, фирмите започват да търсят варианти за намаляване на разходите с цел икономическа



рентабилност. Редица от тези мерки са доста кардинални като съкращаване на персонал, компромиси по отношение на материали, цени под себестойност и др. За да избегнат нежеланите промени, в някои производства са принудени да пренебрегнат границата на тиражите, разграничаващи листов от ролен печат, съответно да залагат в производствените си планове ниски тиражи, които са неефективни в условията на ролен офсетов печат.

Според проучване направено в една от водещите фирми в страната, в която част от производствения капацитет е именно HSWO, за последното тримесечие са отчетени следните резултати. (Табл. 1)

Както става ясно от Табл.1 данните са доста тревожни.

**Таблица 1.** Седмични тиражи при различни продукти за периода 01-03.2015

Продукт	Макс. тираж (екз.)	Мин. тираж (екз.)	Среден тираж (екз.)
Списания	35000	18000	21500
Рекламни материали	10000	3000	6500
Вложки	50000	20000	35000
Фирмени каталози	20000	7500	13750
Промоционални листовки	50000	35000	42500
Други	6000	3000	45000

В графата други в таблицата са всички продукти, които не се класифицират в гореспоменатите, но все по-осезаемо стават част от продуктовата листа на ролния офсетов илюстрационен офсет. В редки случаи фирмата споделя, че получава поръчки с тираж от и над половин милион екземпляра. Следва да се отбележи наличието на свръхкапацитет в тази технология, който не може да бъде използван. Вижда се, че средният тираж не надминава 200 000 екз., което рефлектира приблизително около 500 000 екз. за максималните нива. При максимално натоварване на производствента линия (скорост 50 000 об/час), този тираж може да бъде отпечатан за 10-12 часа. В таблицата не са отчетени отделни видове на така класифицираните групи продукти, но въпреки тяхното разнообразие се наблюдава затруднение в обезпечаването на производствения капацитет. Всичко това насочва погледа на технолози и мениджъри в посока оптимизация с основна цел

намаляване на разходите при запазване на достигнатото високо качество на печата.

## 2. Технологично-конструктивна същност на HSWO

В технологичен аспект HSWO технологията покрива общовалидните специфики на традиционния офсетов печат. Това са: плоската печатна форма, индиректният трансфер на мастилото чрез междинно звено (гумено офсетово платно) и наличието на овлажняващ разтвор. Ролният офсет тук следва да се подразбира, че всички подсистеми са дублирани в печатната секция в т. нар. конфигурация гума срещу гума. Това значително увеличава производителността като едновременно се печатат лице и гръб на хартиената лента, но от друга страна усложнява процеса и контрола при поддържане на постоянно качество, опън на хартията и осигуряване на стабилен печатен процес.

Ето и някои технологични особености на традиционния HSWO печат:

- универсални heatset печатарски мастила с оптимална реология, лепливост 10-12 (инкометър); висока интензивност, с добри съхнещи свойства;

- алкохолен овлажняващ разтвор с pH- 5 – 5,5, с разход на IPA-8-9% и добавка към него 2-3,5 %;

- електропроводимост на овлажняващия разтвор 1200 – 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; обща твърдост на използваната вода: 5-15 $^{\circ}\text{D}$ ; хидрокарбонатно съдържание на водата: в интервала 50 до 250 mg/l;

- температурен интервал на сушилната печ: вход-изход 180 – 115 $^{\circ}\text{C}$ ;

- охлаждаща система от валци;

- силиконова система;

- възможност за залепване и шиене с тел на готовите сгънати коли.

Главните съставни части на една ролна офсетова печатна машина, конфигурирана по схемата гума/гума, са следните:

1. Ролодържател и хартиено-проводяща система;

2. Печатни секции с мастилен и овлажняващи апарати

3. Сушилна печ и охлаждащи валици

4. Фалц-апарат, навиване на рола и листово извеждане

5. Задвижване

6. Контролни устройства

Ролните апарати се конструират за автоматична смяна на ролите при работна скорост на машината. При употреба на рола с

диаметър около 1200-1400 mm от една рола могат да се отпечатат средно около 30 000 екз., което количество е достатъчно, за да бъде спряна машината за миене на гумените платна. При работа с хартии, с намалена способност към прашене, или при наличие на предклиматизиране, машината може да се комплектова с двойна или тройна ролна звезда с автоматично залепване (auto-paster). Тя позволява смяната на ролите да става автоматично без намаляване работната скорост на машината.

Предклиматизирането е процес, целящ възможно най-висока степен на обезпрашаване на хартията. Колкото по-малко прах има върху хартията, толкова по-рядко ще се налага да се спира за миене на гумените платна.

С помощта на валове от проводящата система, субстратът се подава в печатната секция. За да се гарантира стабилно преминаване на хартията от секция в секция и за да се избягнат междинните направляващи валащи, което е крайно нежелателно при печат върху пигментно покрити хартии, двата офсетови цилиндъра в някои случаи не са точно един върху друг, а са изместени по вертикалата на около  $10^\circ$ .

Формените цилиндри се конструират за  $0,30 \div 0,35$  mm дебелина на печатната форма с канална зона за закрепване  $12 \div 15$  mm, а офсетовите — за  $1,90 \div 2,50$  mm дебелина на гуменото платно. Към машините се доставят съоръжения за предварителна обработка на печатните форми и гумени платна (огъване, перфориране, закрепване към щангите и др.), което от своя страна позволява съществено намаляване на необходимото за подготовка време. За по-бързо постигане на желанния пасер, положението на формените цилиндри може да се изменя и по време на движение: обиколният регистър на  $360^\circ$ , страничният регистър на  $\pm 5$  mm, косо изместване (cosing devic)  $\pm 0,125$ mm.

Повечето машини имат много добре развити мастилени апарати с 10 до 18 валека, с минимум 2, а обикновено 3 наносни вала с различен диаметър. Предаването на мастилото става или многостепенно, или с използването на набраздени преносни валащи, имащи самостоятелно плавно изменяемо задвижване. Разтривните валащи на много машини са предвидени за водно охлаждане, което предотвратява евентуалното изменение на реологията на печатните мастила при използването на високи работни скорости. Овлажняващите апарати са конструирани обикновено с 2 наносни валека при различни

дукторни системи, осигуряващи прецизното овлажняване на печатната форма. Към всяка печатна секция има отделна водна помпа с филтри.

При печат на многоцветна продукция върху хартии с ниска всмукваща способност е задължително комплектоването със сушилна инсталация и охлаждащи валащи. В сушилната хартията се прекарва през зона с открит газов пламък, след което се обдухва с нагорещен въздух. В резултат на топлинното въздействие мастилото изсъхва до степен, позволяваща сгъването на продукцията във фалц-апарата без нарушаване целостта на мастиления филм и копиране. За да се придаде на хартията, след излизането ѝ от печта, първоначалната еластичност и здравина, е необходимо тя да се охлади до нормална температура. Това става при преминаването ѝ през система от специални охлаждащи водни валове с голям диаметър —  $300 \div 400$  mm  $\varnothing$ , които се охлаждат с водопроводна вода. Освен охлаждането валащите служат и за стабилизиране на хартията преди подаването ѝ във фалц-апарата.

Производствените възможности на една ролна офсетова машина в голяма степен зависят от типа и конструкцията на фалц-апарата. В повечето случаи машините осигуряват сгъване на фуния, клапанно, ножово и двойно паралелно.

Енергетичното въздействие, на което се подлага хартията в сушилната, не трябва да бъде повече от 1 - 1,2 s, което се определя от скоростта на движение ( $8-9$ m/s). Високата температура ( $180-220^\circ\text{C}$ ) и дългият престой в печта могат да бъдат пагубни за продукта, като е възможна деформация. Силиконовата система, която работи с разрежена до определена степен силиконова емулсия, служи за окончателно фиксиране и запечатване на мастиленото изображение и в известна степен изиграва буферна роля за предотвратяване на статичното електричество.

Към обезпечаването на тази технология се включват широка гама от субстрати на база различни видове високодобивни влакнести материали - термомеханична и химикотермомеханична маса в комбинация с рециклирани влакна и др.). Това са основно т. нар. LWC- хартии с ниска маса на пигментното покритие и суперкаландрираните SC хартии без пигментно покритие. Приложението на тези видове хартии за висококачествен ролен печат на луксозни списания, каталози и други рекламни материали се наложи и измести традиционните пигментно-покрити хромови хартии на целулозна основа.

Така обобщените технологични специфики са теоретично предпоставени, но те не са константни. Важно е да се отбележи, че при приложението на технологията, те се обособяват по различен начин, което в някои случаи може да натовари себестойността на продукта.

### 3. Качество на отпечатъка в условията на HSWO печата

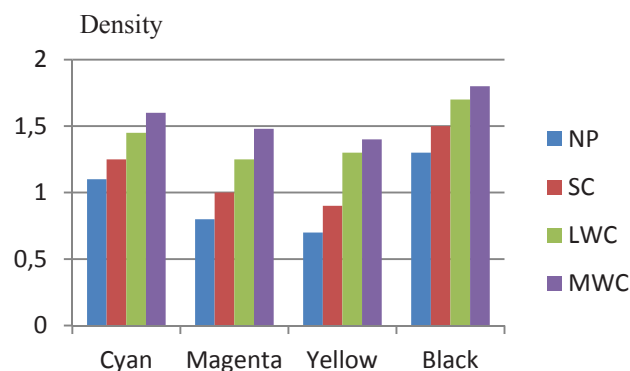
Качеството на готовия продукт е от първостепенна важност, както е обикновено в печатната технология. В този смисъл важно е да отбележим ролята на субстрата, който освен, че съставлява около 70% от ценообразуването на крайния продукт, е основна характеристика за постигане на висококачествени параметри. Основните типове хартии за печат, които са характерни в тази технология, както стана ясно, са SC и LWC хартиите, но това съвсем не изчерпва широката гама от субстрати. В тази група се включват и хартии като MFS, MFC, NP като в това число и подобрени вестникарски хартии. За да се анализира качеството на отпечатъка се използват резултати от две изследвания направени върху различни типове хартия. В Табл. 2 са дадени характеристики на отделните хартии използвани при качествения контрол.

**Таблица 2.** Характеристики на типовете хартия използвани при контрола на качество

Свойства/ Хартии	Повърх- ност	Маса [g/m <sup>2</sup> ]	Белота ISO [%]	Не- прозр. [%]
NP	супер каландр.	45	60	91
SC	гланц/мат	50	70	93
LWC	гланц/мат	70	80	95
MWC	гланц/мат	80	85	97
MFC	сатинир.а	60	75	94

Контролът на качеството е направен на база две измервания, съответно на SID (оптическа плътност на плътни полета) и цветови координати за изграждане на цветови обхват.

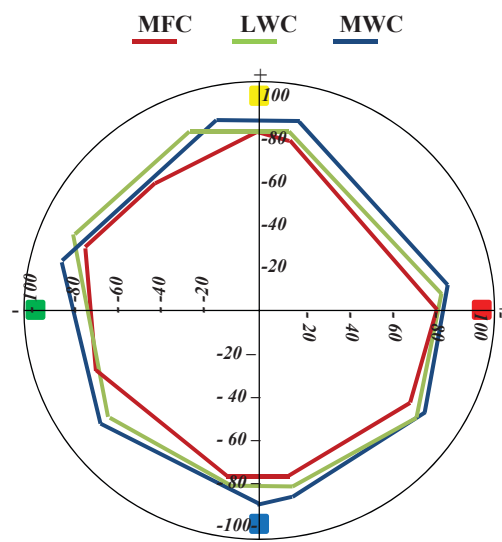
Фиг.1 показва стойностите на оптическите плътности, съответно за cyan, magenta, yellow и black, при различни типове хартия. От графиката се вижда, че хартиите с по-добри повърхностни характеристики, маса на кв. метър и различна степен на облагородяване, репродуцират по-високи стойности на оптическа плътност.



**Фиг. 1.** Оптическа плътност при различни хартии отпечатана с HSWO

NP (подобнена вестникарска) и SC хартиите са нискограмажни без пигментно покритие, което ги характеризира с по-ниска степен на белота и като цяло по-ниско качество на отпечатъка в сравнение с LWC и MWC. Те от своя страна също са нискограмажни, но с пигментно покритие с различна маса (ниска-LWC, средна-MWC). Това е основният фактор даващ превес на тази група хартии и в частност на LWC при по-висококачествените продукти отпечатвани чрез ролния офсетов илюстрационен печат.

На база контролните скали върху отпечатаните продукти са измерени цветни координати на плътните полета за всеки отделен цвят. След измерените  $L^*a^*b^*$  стойности е изчислена и цветовата разлика  $\Delta E$ .



**Фиг. 2.** Цветови обхват на различни типове хартия в heatset печата

На база резултатите посочени от измерването са построени и цветовите обхвати на трите типа хартия (MFC, LWC, MWC), показани на Фиг.2. Тези цветови обхвати

дефинират възможностите на отделните субстрати за по-широк диапазон на цветовата репродукция. Достигнатите максимални стойности, които се отчитат по координатите на графиката, показват високото качество, постигнато при heatset печата и успоредно с това дават възможност за анализ при избора на хартия според изискванията за съответен продукт.

В първите три точки на настоящия доклад се дефинират конструктивната и технологична същност на илюстрационния ролен офсет, както и неуспоримото му качество на печата. Всичко това може да бъде разгледано и по-глобално от гледна точка приложението на технологията в печатната индустрия. Това от своя страна нарежда HSWO печата сред технологиите подходящи за печат на средните и най-вече високи тиражи. Изключително високата му производителност го прави целесъобразен именно в този сектор. От технологично-конструктивна специфика този вид печат изисква доста по-дълго време за подготовка на работата, както и редица настройки с цел синхронизация между отделните възли. Освен отпечатването, в тези технологични линии са интегрирани и редица inline процеси като рязане, сгъване, лепене, обрязване, скрепване и др. Всичко това допълнително увеличава технологичното време и процента на макулатурите, отпечатани за влизане в редовен тираж.

Една от най-ярко изразените технологични специфики и предмет на настоящия доклад е овлажняващият разтвор. Плоската печатна форма е първостепенен фактор, изискващ наличието на овлажняване. Физико-химичните процеси по време на печат предопределят определени изисквания към разтвора, а именно:

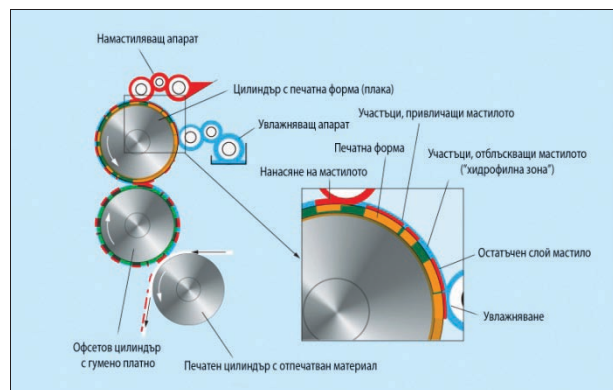
- да стабилизира хидрофилните свойства на непечатните елементи;
- да не нарушава олеофилността на печатните елементи;
- да не изменя колористичните характеристики на мастилата;
- да не образува емулсия тип „масло във вода“;
- да не променя якостните показатели на хартията или пигментното покритие ако е налично;
- да охлажда печатната форма (печатния апарат) и да поддържа постоянно рН;

В рецептурата на овлажняващия разтвор влизат три основни съставляващи: вода, IPA (изопропилов алкохол) и комплексна добавка. Всичко това в комплекс дава същността и

функционалността на овлажняващия разтвор. Всеки от компонентите в разтвора има своя функция към общите характеристики. Затова е важно да се спазва стриктно процентното съотношение при композирането на разтвора. Един такъв пример за дозиране на овлажняващия разтвор е: добавка - 4%, IPA - 10% и вода - 86%.

На Фиг.3 е показан принципът на офсетовия печат с последователното нанасяне на овлажняващ разтвор и мастило върху печатната форма. Границата между печатен и непечатен елемент става зона на взаимодействия между разтвора и мастилото.

Този контакт е основната причина, поради която овлажняващият разтвор внася редица проблеми в офсетовия печат:



Фиг. 3. Принципна схема на офсетов печат

- отлагания върху гуменото офсетово платно и празен ход;
- влияние върху пластините (нарушаване на печатния елемент при висока агресивност на компонентите);
- емулгиране на мастилото, тониране и влошено съхнене;
- лошо разтриване на мастиления слой;

#### 4. Ролен офсетов печат без овлажняване

За разлика от конвенционалния офсетов печат, който изисква използване на овлажняващи разтвори, които могат да съдържат вредни компоненти като изопропилов алкохол (IPA), при сухия офсетов печат се използват пластини със специална структура, която не изисква допълнително хидрофилизиране с овлажняващ разтвор. Непечатните участъци са покрити със силиконово покритие, което отблъсква мастилото. Печатните зони са леко гравирани, което води до образуването на полимерен слой, който привлича мастилото. Това позволява офсетовата печатна машина да работи без овлажняващ разтвор. Единствено,



което трябва да се съблюдава е температурният контрол при трансфера на мастилото върху субстрата. Освен, че намалява негативното влияние върху околната среда, сухият офсетов печат предлага също и много други предимства, без да изисква специална печатна машина. За разлика от принципно нестабилния конвенционален офсетов печат, при сухия офсет, използваните специални печатни пластини със силиконово покритие, не допускат мастилото в непечатните зони. Необходимото за репродукцията на изображението мастило се съдържа в гравираната повърхност на пластините. Резултатът е стабилен процес с по-малко променливи величини, които да се контролират. Ползите от този процес включват лесно напасване на цветовете, вследствие липсата на деформация на хартията (fan out), обичаен проблем при конвенционалния офсетов печат, както и отличен контрол на плътността, липса на деформация на готовия отпечатък и намаляващи разходи, бързи подготовки. Освен това липсва замърсената отпадна вода, характерна за традиционния офсетов печат. Пластините са в състояние да възпроизведат изключително висока растерна линеатура, трансферирайки същевременно по-дебел слой мастило в печатните зони. Това резултира в много по-широко цветово пространство, нехарактерно за четирицветния процесен печат. Липсата на овлажняване е предпоставка за елиминиране на емулгирането на мастилото, в резултат на което изображенията стават почисти и контрастни.

**Гарантирано качество на печат.** Възможностите на сухия офсетов печат позволяват печат върху всякакви субстрати, включително и синтетични или други неабсорбиращи повърхности. Технологиията е особено подходяща за опаковъчния сектор и позволява на печатарите да увеличат визуалното качество и графичната резолюция на продуктите си и да намалят макулатурите по време на печатния процес, добавяйки допълнителна стойност на печатния продукт.

Лесно е да се възползваме от предимствата на сухия офсетов печат. Не е необходимо закупуването на ново полиграфическо оборудване, тъй като повечето модерни печатни машини могат да печатат по тази технология, а по-старото оборудване може да се пригоди за такъв печат.

Сухият офсетов печат повишава екологичната съвместимост на производството. Други предимства на технологията са: по-малко проблеми при пасера на двустранния печат или при печат върху тънка хартия. Липсата на

овлажняване води до по-малко проблеми с деформацията на хартията (fan out). Резултатът е по-бърз и по-точен регистър, отлична прецизност и минимално време за подготовка и забележимо увеличаване на производителността.

Точна репродукция, нормално нарастването на растеровата плътност и стабилна репродукция на полутоновете изображения. Съвместим с всички основни термални експонатори. Термалните експонатори с  $\lambda=830$  nm лазерни глави могат да се използват за експонация на Тогау СтР пластини за сух офсетов печат в комбинация със специална проявителна машина.

Констатирано е значително намаляване на експлоатационните разходи, 1/2 по-малко разходи за проявяването на пластини за сух офсет в сравнение с конвенционалния СтР процес и без разходи за остатъчна химия. Значително намаляване на VOC емисиите. Въз основа на измерванията от оторизирани световни организации, емисиите при сухия офсетов печат са с 60-80 % по-малко от тези при конвенционалния офсетов печат. Сухият офсетов печат улеснява спазването на екологичните предписания, като не изисква овлажняващ разтвор, съдържащ изопропилов алкохол.

Въпросът с ролния, сух, офсетов, coldset печат, реализиран във вестникарското производство, е много актуален сега и неизменно се свързва с концерна КВА. Ролната машина КВА Cortina става пример в ролния, цветен печат за вестници. В разработката на тази машина са постигнати редица технически характеристики: офсет без овлажняване, 8-цветна кула, автоматична смяна на печатни форми, автоматично измиване на офсетовите платна, самостоятелно задвижване на цилиндрите, компактност. За тази технология са характерни по-високо качество, по-слабо нарастване на растеровата точка, наситени мастилни слоеве, предаване на фини детайли. Липсата на овлажняване води до намаляване на макулатурите и подготвителното време за печат. Тази конфигурация на вестникарски печат дава възможност за облекчено обслужване и осигурява високо качество на 4-цветния печат, линеатура до 60 l/cm и честотномодулирано растриране. Температурният контрол и охлаждането на цилиндрите гарантират постоянно качество при скорост до 45 000 gph.

Днес е възможно температурните разлики и отклонения във вискозитета на мастилото да бъдат сведени до min. Така при промяна в скоростта на машината тези

показатели остават стабилни спрямо определените норми по скалата за оптически плътности на мастилата. Зависимостта на температура и плътността от една страна и скорост на машината и температурата на мастилото в мастилицата от друга, дава възможност за оптимизиран контрол при промяна на показателите.

Всичко това покрива критериите по отношение на рентабилност, намаляване на разходи и производство на по-къси тиражни серии. Тези предимства потвърждават възможностите за интегриране на печатна форма за сух офсет в ролните машини с традиционната технология. С тази възможност, пред ролния офсет ще се открие нова перспектива за развитие. Всичко това би довело до по-ниски цени на единица продукция. Технологичното изменение би довело и до значително улеснение по време на печат, без необходимост от контрол на редица параметри като електропроводимост, концентрация, рН, анализ на водата и т.н. Проблемите, свързани с емулгирането също биха били елиминирани.

#### **Заклучение**

Технологичната концепция за модифициране на HSWO технологията е една възможност за разширяване диапазона за приложение и бъдещо развитие на технологията. Обзорът показва, че този вид интегриране на печатна форма за сух офсет, с цел елиминирание на овлажняващия разтвор в традиционния, ролен heatset офсетов печат, би било възможно. Предимствата биха се реализирали в следните аспекти: разширяване на тиражните интервали към областта на късите серии; повишаване на качеството; намаляване на процента на макулатурите; намаляване на общите разходи за печата, в т. ч. и за овлажняващ разтвор; намаляване на технологичното времето за подготовка на печатния процес.

Предварителният анализ предполага следните конкретни резултати: печат в тиражни

серии от 3000 до 20 000 екз., намаляване на макулатурите с около 30-35% и намаляване на общите разходи за печат с около 20-25%.

Изводът е, че илюстрационният ролен офсетов печат има своето бъдеще като технология с голям капацитет и най-вече с огромното си поле за технологични нововъведения. Това е доказателство, че бъдещето на тази технология, позната като HSWO, безспорно е поставено на пътя на промените.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Kipphan, Helmut, (2001) *Handbook of Print Media, 1 - st ed.*, 1168, Springer
2. Сарджева Р., (2009) *Технологии за печат*, Сиела софт анд публишинг АД, ISBN 978-954-28-0606- 424, София.
3. Сарджева Р., (2012) „Изследване върху качеството на печата в ролния илюстрационен офсет“ списание на Технически университет – София, филиал Пловдив „*Фундаментални науки и приложения*“ Том18, ISSN 1310-8271
4. Ангелов Вл. (2014) „Изследване качеството на печата в условията на дигиталния сух офсетов печат (DI)“ *Дипломна работа ОКС-магистър*
5. ISO 12647-2:2004, *Graphic Technology – Process control for the production of half-tone color separation, proof and production prints – Part 2: Offset lithographic processes*
6. [www.heidelberg.com](http://www.heidelberg.com)
7. [www.kba.com/en/](http://www.kba.com/en/)

Контакти – Вл. Ангелов, Р.  
Сарджева гр. Пловдив, ул. „Цанко  
Дюстабанов“ 25  
E-mail: [vl.angelov.tu@gmail.com](mailto:vl.angelov.tu@gmail.com)  
[sardjeva@mail.bg](mailto:sardjeva@mail.bg)



## ПРОЕКТИРАНЕ НА ЛОГО И ГРАФИЧНА ИДЕНТИЧНОСТ ЗА СПЕЦИАЛНОСТ ПОЛИГРАФИЯ В УНИСОН С ЛОГОТО НА ТУ СОФИЯ

СИЛВИНА ИЛИЕВА, КРИСТИН ОЗАНЯН

**Резюме:** Докладът разглежда проблемите при проектирането на едно съвременно лого, което да е в унисон със съществуващото такова на Университета като идентифицира по подходящ начин специалността и стане основа за разработването на цялостен графичен стандарт. Другия проблем, който се разглежда, е избирането на шрифт, който да допълва създаденото лого, да кореспондира с цветовете и формите му, чрез авторизирането на стандартен геометричен гротеск за целта. Представена е и разработка на информационна брошура, която също е базирана като форма на разработеното лого.

**Ключови думи:** лого, шрифт, типография, полиграфия, ТУ София, графичен дизайн, визуална комуникация

## DEVELOPMENT OF A GRAPHICAL IDENTITY FOR THE POLIGRAPHY BACHELOR PROGRAM IN UNISON WITH THE LOGO OF TU SOFIA

SILVINA ILIEVA, KRISTIN ONZANIAN

**Abstract:** This report is focused on the development of a graphical identity that should be in unison with the existing one of TU and should identify the program in a suitable way such that could be used as a base for the development of a whole new brand. An issue at hand is the finding of a font that would complete the logo and correspond with the colors and geometry thanks to the modification of a standard geometric grotesque font. The development of three packages is examined: "Image of the program", "Image of teachers and students" and "Welcome to the bachelor program Poligraphy" which are based on the overall graphic standard that is developed.

**Key words:** logo, font, typography, poligraphy, TU Sofia, graphic design, visual communication

### 1. Въведение

Дизайнът е навсякъде около нас и има дълбоко въздействие върху нашето ежедневие - независимо дали говорим за продукти, услуги, сгради, съоръжения - всичко, което ни заобикаля, първо е било обект на нечия идея и дизайн, последвани от реализация. За съжаление обаче, влиянието на визуалната комуникация често бива подценявано защото разбирането и

възприемането чрез виждане широко се приема като даденост поради самата природа на зрението и най-вече фактът, че то не изисква никакви усилия - то изглежда интуитивно и вродено.

В графичния дизайн се съчетават творчество и формални характеристики на изобразителното изкуство с подход, ориентиран към публиката, за да се създаде ефективна визуална комуникация. За разлика от

изобразителното изкуство, графичният дизайн е винаги в услуга на нуждите на клиента.

Графичната идентичност и визуалното присъствие описва компания, продукт, продуктова линия или услуга и се среща под различни форми, включително име, символ, комбинация на цветове или слоган. Целта на всяка графична идентичност е да улеснява комуникацията с клиенти и партньори. Тя показва дали и колко е сериозно отношението към тях, както и към самия продукт и услуга, които предлага, и допринася за изграждане на цялостния имидж в бранша.

В маркетинга „продукт“ се дефинира като нещо, което може да се предлага на пазара за да задоволи желание или потребност. В този широк смисъл на дефиницията, всяко нещо, което се предлага като стока, услуга или идея, може да бъде разглеждано като продукт – в конкретиката на темата: висшето учебно заведение Технически университет София, филиал Пловдив е производителът, който предлага на пазара на образованието продуктът специалност Полиграфия, към която се стреми да създаде потребителски интерес в конкретна целева група, предимно изградена от кандидат-студенти и бъдещи специалисти, както и да поддържа лоялността на вече съществуващите потребители в лицето на преподаватели и студенти.

## 2. Естетика и цел на създадената графичната идентичност

Целта на този идеен проект е създаване на усещане в потребителите му за принадлежност към избрано и желано професионално микрообщество и академичната среда, свързана с ТУ София, филиал Пловдив и в частност – специалност Полиграфия. Функционалните активи от внедряването на това лого се изразяват в обединяване на студенти и преподаватели около една визия, която да им дава основите на език за визуална комуникация по предварително дефинирани правила и закони.

Функционалните активи от внедряването на графичната идентичност се изразяват в обединяване на студенти и преподаватели около една визия, която да им дава основите на език за визуална комуникация по предварително дефинирани правила и закони.

Целта на визуалната комуникация е посланията да се представят просто и ясно, за да се получи бързо, ефективно и недвусмислено общуване. За да се постигне това е важно да познаваме аудиторията отблизо, за да бъде избран правилния тон и визуален подход, които да установят качествен контакт с нея.



Фиг. 1. Визуализация на изградения бранд

В предложените дизайни се набляга на пропорции от типа 1:3 и 2:3. Това се забелязва явно в разделението на страниците, отделеното поле за графични елементи и информация. Тази закономерност е заложена изоснова в размерите на логото в неговия хоризонтален и вертикален вариант в съответно съотношение 1 : 1/3 и 1 : 2/3. Тя допринася за хармоничното излъчване на композициите, които са му подчинени и се използва широко от времената на древен Египет и Гърция до днес във великолепни постижения на архитектурата и изкуството.

От тези изградени съотношения се създава и използвания в имиджовата линия на дизайна графичен елемент, създаден от шест цветни фаши, оцветени в шестте бранд цвята, които се използват в логото и цялата графична идентичност, като последователността произлиза от цветовия модел СМΥΚ. Ширината на този елемент варира в зависимост от размера на страницата, която запълва, но пропорционалните съотношения остават винаги еднакви, защото произхождат от размера на логото и се формират от основните и някои от помощните линии, използвани при изграждането му.

## 3. Проблеми и етапи при разработване на логото

Логата и логотипите са важен аспект и област от дизайна - трябва да имат изчистен дизайн и да осъществяват комуникацията мигновено, дори когато са миниатюрни. Техните послания трябва да бъдат разчетени и разбрани почти незабавно, за да бъдат ефективни – от тях се очаква да осъществяват комуникация от пръв поглед.



Разработеното и представено лого представлява графичен знак, който цели да звучи съвременно, оригинално и провокиращо, като носи символ за развитие, прогрес и движение. Същевременно формата видимо гравитира около една стабилна централна фигура (шестостен), което демонстрира устойчивост. Предложеното лого логично се базира на формата на това на Технически Университет София, за да подчертае произхода си чрез приемственост. Логото на ТУ представлява пространствена фигура, опростено представена в плоското двумерно пространство като по този начин оставя на въображението на наблюдателя сам да определи и довърши тримерния обект, опирайки се на пречупванията на линиите в перспектива.



Фиг. 2. Етапи при разработване на логото

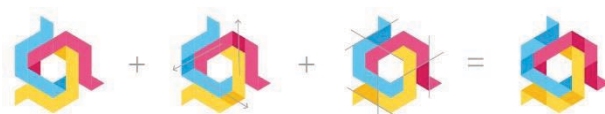
Шестостенът е нумерологично свързан с възприятията за баланс, хармония и съвършенство. Концептуално се използва за да внуши усещане за равенство и надеждност. Той се разделя на 6 еднакви равностранни триъгълника - най-стабилната геометрична фигура. Триъгълниците, завъртяни един спрямо друг на 30 или 60 градуса, се използват във всички елементи на графичната идентичност, представляват основна градивна единица на концепцията и изграждат матрицата, използвана за база на всички предложени дизайни. Всеки от шестте равностранни триъгълника се разбива на 9 по-малки.



Фиг. 3. Етапи при разработване на логото

Тази разбита структура представлява матрицата, която се използва за изграждането на логото на специалност Полиграфия. То проследява формата на логото на ТУ като запазва трите пространствено усукани ивици. За да се подчертае разделението им се използват трите избрани цвята - производните от триадните Cyan, Magenta и Yellow. Така представена, формата изглежда като изградена от три пространствени фигури, вплетени една в друга. Целта на дизайна е да се оповава на наследствеността от началото на произхода му – логото на ТУ, но да има подчертано свой

характер и облик. Само с добавянето на още един триъгълник към края на всяка ивица се постига усещането за продължение на движението в посока навън. Символиката на движението, посоката и ускорението са тясно свързани с образованието и професионалния път, чието начало се поставя именно в рамките на университетската общност. Трите елемента се завъртат така че да излизат извън рамките на шестостена като по този начин наподобяват стрелки, които засилват усещането за посока и дестинация на движението чрез центробежно ускорение. Използването на трите цвята прави излишни празните полета между елементите и води до тяхното премахване, за да се избегне излишното надробяване на формата.



Фиг. 4. Етапи при разработване на логото

Цветовете влияят изключително силно на подсъзнателно ниво, затова е важно да бъдат избрани подходящи такива, които да изпращат нужното послание и да създават трайна асоциация. Използваните цветове за логото на специалност Полиграфия са общо шест - по два нюанса на всеки от триадните цветове, използвани в печата, модифицирани така че безспорно да се свързват с оригиналните, но в същото време да носят свой собствен характер и идентичност. Самите цветове – ярко синьо, светъл пурпур и жълто – със своето индивидуално въздействие, спрямо символиката на цветовете, се асоциират с интелигентност, идеализъм и сила.

Вторият по-тъмен нюанс на всеки от модифицираните триадни цветове се въвежда за да се завърши идеологичната цялост на концепцията, отново наблягайки на числото 6. Чрез комбинацията на по-светли и по-тъмни нюанси се внушава усещане за дълбочина и многослойност и се създава обемна форма. Движението отвътре-навън напомня за разлистване и растеж, започвайки от средата на висшето учебно заведение до широката професионална реализация. Проследявайки всяка от повърхностите на мислената тримерна фигура, която е заложена още в логото на ТУ, разделяме логото на три плоскости, в които присъстват елементи и в трите цвята. Външната половина на всяка от тези плоскости за всяка ивица се оцветява в по-тъмния нюанс като по този начин се придава усещане за още по-голяма гъвкавост на елементите, а в края се създава и

илюзия за прегънато ъгълче на лист. Този малък детайл променя цялостното възприятие съвсем малко, но достатъчно, за да отвори врата и за още едно тълкуване и символика – самият знак изглежда като много сложно оригами. От това, комбинирано с цветовете, се получава лого, което директно говори за дейността на специалност Полиграфия понеже видимо обединява двата основни материала в полиграфическата индустрия – хартия и мастило.

Обединени, всички тези концептуални модификации на формата и цвета на някои от елементите на първоначалната матрица водят до крайния резултат – сегментиран графичен знак, който звучи модерно, интересно и предизвикателно, като носи символ за гъвкав растеж и развитие, професионален прогрес и възможност за движение напред в различни посоки. Същевременно формата асоциира гравитиране около една стабилна фигура – правилен шестостен, който демонстрира устойчивост и традиция, внушени от наследствеността и взаимстването от логото на ТУ София, но освен това отваря мисълта за растеж, развитие и поглед в бъдещето.

#### 4. Избор и авторизация на типографията

Типографията, както и самата комуникация, е жива. Посланията имат най-различен тон, официалност, цел, настроение, мотивация и въздействие. Шрифтът е многофункционален. За да бъдат наистина оценени възможностите, изкуството, приложението и функцията му, трябва той да бъде привлекателен и подходящ за тона и контекста на посланието, да спомага за структурирането му, да се съчетава добре с останалите елементи на оформлението и да предизвиква желаната реакция.

Освен да подпомага четливостта, шрифтът трябва да подкрепя тона на посланието. Той трябва да отразява настроението, отношението и характера на общуването – подходящ за аудиторията, посланието, клиента, носителя и визията. Чрез правилен подбор и подреждане на типографски елементи се постига открояване, акцентирание и засилване на посланието. В крайна сметка едно послание първо трябва да привлече вниманието, за да бъде наистина ефективно.

Избраният шрифт за предложението дизайн на логотип за специалност Полиграфия е Futura – създаден през 1927 г. от Пол Ренер. Futura е изграден въз основа на чисти геометрични форми, които са характерни за

течението Bauhaus (1919 – 1933). Той стъпва на идеологията, проповядвана в Bauhaus, и създава модерен шрифт с уникално звучене и възможност за разнообразно приложение. Авторът е премахнал всички излишни елементи от буквите и е създал една изчистена линия. Буквите са изградени от почти геометрично перфектни кръгове, квадрати и равностранни триъгълници с почти еднаква дебелина на гредите.

Изписването в логото на специалност Полиграфия е базирано на главните букви от шрифта Futura в неговото light начертание, но е авторизирано и модифицирано, за да се подчини на общите закони на цялостната концепция като същевременно характерът на буквите напомня за оригинала.



*Фиг. 5. Сравнение между използвания за база шрифт Futura и модифицираното начертание*

Модификацията се изразява в геометричното изправяне на буквите, за да се подчертае техническата праволинейност на инженерната специалност. Буквите Л, И, Р, А, Ф и Я са видоизменени за да се подчинят на общия линеен характер на концепцията. Всички излишни изскачания над горната и под базовата линия са премахнати, за да се създаде праволинеен характер на логотипа. Буквите Р и Я са също видоизменени като големината на полуовалите са увеличени, а ъгълът на скосенията на Л, И, А и Я е изравнен и променен. Целта е този ъгъл да не бъде произволен, а да кореспондира на 60-градусовите ъгли и неговите производни, които се използват в дизайна. Така се запазва общият характер на наклоните, което прави дизайна концептуално издържан и наклона на буквите няма да бъде смущаващо различен.

За основна мерна единица при изграждането на пропорциите на надписа е взета височината на буквата (Н). Тя е обвързана с размера на логото, по-конкретно с дължината на страната на равностранните триъгълници, които изграждат логото  $a = 2 \times 1,3 Н$ .



Фиг. 6. Закономерности, използвани при модификацията на изписването

### 5. Представяне на елементите на графичната идентичност за специалност Полиграфия

Графичната идентичност е един от най-силните инструменти за постигане на желано въздействие върху потребителите на даден продукт или услуга. Изработеният по правилата и принципите дизайн - добре обоснован и професионално изготвен, съобразно целите и задачите, които са му поставени - несъмнено осигурява устойчиво присъствие на пазара, чрез постигане на добър имидж. Именно силният имидж дава лице и самоличност на марката и оставя дълбоко впечатление чрез визуалната си мощ, емоционална връзка и разпознаемостта си. Когато се поставят един до друг, фирмените материали трябва да изглеждат като членове на едно семейство и да говорят с общ глас защото главната цел на дизайна им е да въведат единство и неизменност.

#### 5.1. Пакет „Имидж на специалността“

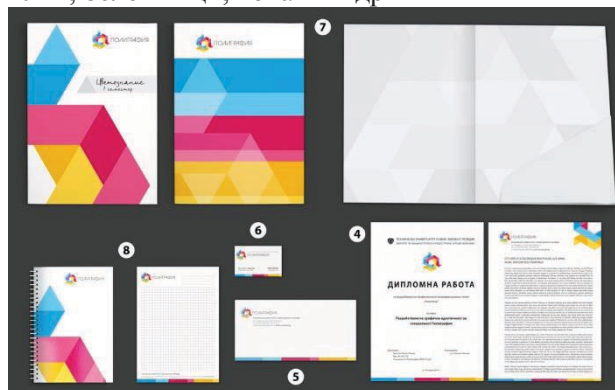
Включва разработки на печатни материали и сувенири: плакати, дискове, флаери, сувенири и др. В рамките на пакета са разработени и допълнителни материали: рекламни сувенири - химикали, флашки, чаши и др. Допълнителните текстилни рекламни изделия, които са разработени към графичната идентичност на специалност Полиграфия, включват тениски и торбички.



Фиг. 7. Пакет „Имидж на специалността“

#### 5.2. Пакет „Имидж на преподаватели и студенти“

Включва разработки на печатни материали, акцидентия и сувенири: визитки, бланки, дигитални бланки за протоколи и заглавни страници на курсови работи, папки, плик, бележници, кочани и др.

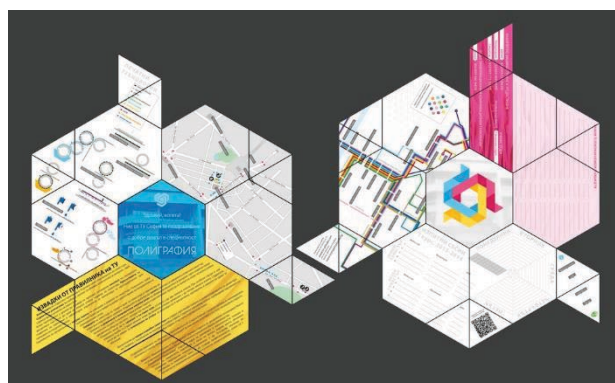


Фиг. 8. Пакет „Имидж на преподаватели и студенти“

#### 5.3. Пакет „Добре дошли в специалност Полиграфия“

Специално създаден за новоприети студенти в специалността. Включва: разработка на информационна диплояна и торбичка с: папка, бележник, химикал, календар и диск, съдържащ: дигитални бланки за протоколи и заглавни страници на курсови работи и помощни материали за въвеждане в специалността.

В пакета за новоприети студенти в специалност Полиграфия основното изделие, което изисква по-специален фокус, е информационната брошура. Тя представлява многопанелна диплояна, която приема формата на предложеното лого на специалността. В напълно сгънат вид е във формата на шестостена, който стои в средата на, за да бъде диплояната удобна за ежедневна употреба и съхранение в джоб, портмоне, чанта и др. Целта на тази разработка е новоприетите студенти винаги да имат на разположение в себе си важна информация за бърза справка в първите месеци в новата академична среда, а за някои – и град.





**Фиг. 9.** Информационна диплояна за новоприети студенти, част от пакет „Добре дошли в специалност Полиграфия“

Изградена е от един централен панел, по 6 странични от всяка страна (лице и гръб) и 6 двойки равностранни триъгълници. Всяка двойка шестостени заедно с две двойки триъгълници заедно образуват един информационен панел – общо 6 на лицето и гръба. Информацията, поместена на панелите, е предвидена така, че да бъдат възможни много и различни комбинации на сгъване, така че ползвателят ѝ да може да персонафицира реда и вида на „страниците“, до които да има бърз достъп. Дипляната съдържа един приветстващ панел с послание на фона на снимка на Ректората на ТУ, един оформящ символична „корица“ с логото на специалността и 6 информационни панела, които съдържат:

- Извадки от правилника на ТУ, както и кратка въвеждаща информация за Факултета и специалността.

- Стилизирана карта на град Пловдив с фокус над сградите на ТУ за по-добра ориентация на студентите, които не са запознати с града.

- Стилизирани принципни технологични схеми на основните печатни процеси, всеки от тях изпълнен в различен цвят на мастилото за въвеждане на студентите в новата специалност и по-лесно запознаване с основите на полиграфията.

- Стилизирана карта на избрани линии на Масов Градски Транспорт Пловдив с фокус над маршрутите, минаващи през спирки в близост до сградите на ТУ.

- Указател с най-важните телефони за контакт и номера на кабинети.

- Стилизирана таблица във формата на шестостен за попълване на седмичния график, QR код за бърз достъп до графика в сайта на ТУ и полета за индивидуално дописване на изпитните дати за две сесии.

## 6. Заключение

Логото е лице пред обществото и потребителите, което осигурява разпознаваемост и идентичност и е най-силният актив на всяка марка. Настоящия идеен проект има за цел да създаде успешно и адекватно лого и визуално присъствие на специалност Полиграфия към Технически университет София, филиал Пловдив.

За разработката са използвани както съвременни технологии и методи, така и

традиционни принципи и фундаментални закономерности. Логото е базирано и произтича от логото на Технически Университет София. Това поставя в основата на целия дизайн усещането на приемственост, наследственост и традиция, но подчертано и растеж, развитие и поглед в бъдещето благодарение на модерното си звучене. По този начин разработената графична марка е добре възприемана, запомня се лесно и създава у потребителя незабавна връзка със специалност Полиграфия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Райън, У. и Т. Коновър. *Графичната Комуникация Днес, част първа, четвърто издание*, София.: Дуо Дизайн, 2008. 368 с.
2. Йончев, В. *Шрифтът през вековете*, София.: Български художник, 1971. 410 с.
3. Landa, R. *Graphic design solutions*, Boston: Cengage Learning, 2010.480 с.
4. Интернет база данни за шрифтове [www.fonts.com](http://www.fonts.com) последно посещение 22.01.2014

### **Силвина Димитрова Илиева**

главен асистент доктор, катедра „Механика“ при ФМУ, Технически Университет – София, Филиал Пловдив, Р. България, Пловдив, ул. “Цанко Дюстабанов” No 25  
тел.: 0887551014,  
e-mail: silvinailieva@yahoo.com

### **Кристин Левон Озанян**

инж., графичен и уеб дизайнер и специалист печатни издания в Европейски колеж по икономика и управление, Р. България, Пловдив, ул. “Задруга” No 18  
тел.: 0886841226,  
e-mail: k.ozanian@gmail.com





## НОВ ТЕМПЕРАТУРЕН МОДЕЛ ЗА HE-SRBR<sub>2</sub> ЛАЗЕР

ИЛИЙЧО ИЛИЕВ

**Резюме:** Предмет на изследване е лазер с пари на SrBr<sub>2</sub>, излъчващ лазерна генерация с дължина на вълната 6.45 μm. Развит е нов аналитичен модел за определяне температурата на газа в активния лазерен обем. Подробно са разгледани процесите на топлопреминаване през сложната геометрия на лазерната тръба. Отчетени са за първи път процесите на топлинното излъчване през кварцовата тръба и топлинното взаимодействие на нейната външна повърхност с околното пространство. Направена е оценка за относителното влияние на процесите на топлопроводност, излъчване и естествена конвекция като част от общия процес на топлопренасяне в лазерната тръба.

**Ключови думи:** лазер с пари на SrBr<sub>2</sub>, температурен модел на газа, лазерна тръба

## NEW TEMPERATURE MODEL FOR HE-SRBR<sub>2</sub> LASER

ILIYCHO ILIEV

**Abstract:** The subject of study is a He-SrBr<sub>2</sub> vapor laser, emitting laser generation with wavelength 6.45 μm. A new analytical model for determining the gas temperature in the active laser volume is developed. Detailed examination of the processes of heat transfer in complex geometry of the laser tube is performed. For the first time it is reported the heat radiation through the quartz tube and thermal interaction of its outside surface with the surrounding area. An assessment of the relative influence of the processes of heat conduction, radiation and convection as part of the general process of heat transfer in the laser tube is obtained.

**Key words:** Helium-Strontium bromide vapor laser, gas temperature model, laser tube

### 1. Увод

Развитието на лазерите на свободни електрони позволи да се получава лазерна генерация с променлива дължина на вълната между 2,9 и 20 μm. Бе установено [1, 2], че лазерна генерация с дължина на вълната 6.45 μm има най-голямо приложение в медицинската практика и биологията, в частност е най-ефективно средство за отстраняване на меки тъкани и кости с минимално термично увреждане и замърсяване при операции. Поради високата цена и високите експлоатационни разходи на лазерите на свободни електрони, бяха положени огромни усилия за откриване на

нови, по-достъпни източници на лазерно излъчване с дължина на вълната 6.45 μm. В резултат на тези усилия бе установено, че лазер с пари на чист стронций генерира лазерно излъчване с дължина на вълната 6.45 μm и може да бъде предложен за експлоатация вместо лазера на свободни електрони. Въпреки това, използването на чист стронций като активна среда е съпътствано с някои трудности в експлоатацията на този тип лазер. Високата химическа активност на стронция предизвиква интензивна загуба на стронций при химическа реакция между стронция и кварцовата или керамична тръба, което влошава работата на

газоразрядната тръба. Това намалява живота на лазерна тръба до няколко десетки часа и ограничава по-нататъшното развитие на този тип лазер. С цел намаляване на загубата на металния стронций и като негова алтернатива в [3] е предложен за първи път лазер със стронциев дубромид ( $\text{SrBr}_2$ ). Този тип лазер намира по-нататъшно развитие в [4, 5]. При замяната на металния стронций със  $\text{SrBr}_2$ , работната температура на активната лазерна среда нараства от 600 до 1100 °С. Повишаването на работната температура изисква допълнителни конструктивни решения. По тази причина се използва допълнителна керамична тръба от  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Фиг. 1.

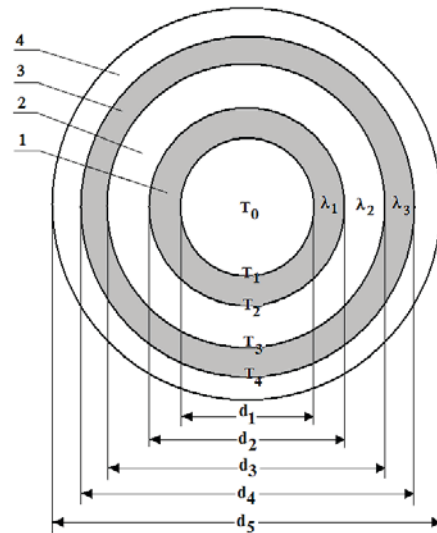
Повишаването на температурата на газа поставя като задължително изискване аналитичното пресмятане на температурния профил на газовата тръба. Това е необходимо както за анализа на работата на вече създадени лазерни източници, така и при разработване на нови такива. По тази причина в [6 - 8] е развит и аналитичен температурен модел с цел определяне на температурния профил в лазерната тръба. Целта на настоящата работа е да се направи оценка за степента на влияние на разпределението на температурата за физически процеси, които не са отчетени в по-рано развития температурен модел.

## 2. Обект на изследване

Лазерът с пари на стронциев бромид излъчва чрез наносекунден импулсен надлъжен разряд, при установени оптимални условия за лазерна осцилация за няколко атомни и йонни линии на стронция: 2.06, 2.20, 2.69, 2.92, 3.01, 3.01, 3.07 и 6.45  $\mu\text{m}$ .

Обект на изследване е високомощен лазер с пари на  $\text{SrBr}_2$ , описан в [4,5]. Напречното сечение на активния обем е показано на Фиг.1. Общата дължина на лазерната тръба е 2.30 m, а дължината на активния обем (разстоянието между електродите) е 98 cm. Лазерът изцяло е изработен от кварц (поз. 3.), като в активния обем е поставена допълнително керамична тръба от  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (поз.1). Между двете тръби има свободно пространство, изпълнено с буферния газ хелий (поз. 2). От външната страна активният обем е покрит с топлоизолационно покритие от  $\text{ZrO}_2$ , (поз. 4).

Лазерът консумира обща електрическа мощност 2.1 KW. С отчитането на загубите, в активния обем се подава електрическа мощност  $Q=1365\text{W}$ , или средна обемна плътност на мощността  $q_v=4.55\text{W}/\text{cm}^3$ . Общата изходна лазерна мощност е 4 W, като 90% от нея е на линията 6.45  $\mu\text{m}$ .



Фиг. 1. Напречно сечение на газоразрядната тръба  $d_1=19.8\text{ mm}$ ;  $d_2=25.5\text{ mm}$ ;  $d_3=40\text{ mm}$ ;  $d_4=46\text{ mm}$ .

## 3. Дефиниране на по-рано развития температурен модел [6 - 8]

За определяне на температурния профил е необходимо решаване на двумерното стационарно уравнение на топлопроводност в напречното сечение на тръбата от вида:

$$\text{div}(\lambda_g \text{grad } T_g) + q_v = 0 \quad (1)$$

където  $\lambda_g$  е коефициент на топлопроводност на газа,  $q_v$  е обемната плътност на мощността на вътрешния източник на топлина, а  $T_g$  е температурата в тръбата. За решаване на уравнението (1) най-често в литературата се използват гранични условия от първи и втори род от вида:

$$\begin{aligned} T_g(R_1) &= T_1, \\ \left. \frac{\partial T_g}{\partial r} \right|_{r=0} &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

където  $0 < r < R_1$ ,  $R_1$  е вътрешният радиус на тръбата, а  $T_1$  е температурата на външната страна на керамичната тръба, Фиг. 1. Обикновено в (1) величината  $\lambda_g$  се задава във вида  $\lambda_g = \lambda_0 T_g^m$ , където  $\lambda_0$  и  $m$  са константи, зависещи от рода на газа

Граничните условия имат следния вид:

А. Приемаме, че температурата  $T_4$  под изолацията от  $ZrO_2$  е известна. Тя може да бъде измерена коректно с термодвойка.

Б. За кварцовата тръба (в цилиндрична конфигурация) е в сила равенството, отчитащо процеса на топлопренасяне само чрез процеса на топлопроводност:

$$T_3 = T_4 + \frac{q_l \ln(d_4/d_3)}{2\pi\lambda_3} \quad (3)$$

В. Пространството между двете тръби, (Фиг. 1, позиция 2), е изпълнено с хелий. Граничното условие има вида [6 - 8]:

$$Q = \varepsilon_{eff} c \left[ \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_3}{100} \right)^4 \right] S_2 + \frac{2\pi\lambda_2 l_a}{\ln(d_3/d_2)} (T_2 - T_3) + \frac{2\pi\lambda_{eff} l_a}{\ln(d_3/d_2)} (T_2 - T_3) \quad (4)$$

$$= Q_1 + Q_2 + Q_3$$

където отделните събираеми са означени съответно с  $Q_1, Q_2, Q_3$ .

Г. За керамичната тръба е в сила равенството:

$$T_1 = T_2 + \frac{q_l \ln(d_2/d_1)}{2\pi\lambda_1} \quad (5)$$

Използваните означения в (3)-(5) са както следва [6 - 7]: величината  $Q = 1375 \text{ W}$  е топлинният поток, равен на консумираната електрическа мощност с отчитане на загубите,  $q_l = Q/l_a$ ,  $l_a = 0.98 \text{ m}$  – активна дължина;  $\lambda_1, \lambda_2$  и  $\lambda_3$  са коефициентите на топлопроводност на тръбата от  $Al_2O_3$ , на кварцовата тръба и топлинната изолация, съответно;  $d_j, j=1,2,3,4$  са диаметрите на съставящите тръби;  $c$  - излъчвателен коефициент. Величината  $\varepsilon_{eff}$  е ефективен излъчвателен коефициент, отчитащ многократните отражения в пространството между двете тръби (поз.2), Фиг. 1,  $\lambda_{eff}$  е ефективен коефициент на топлопроеодност, отчитащ процеса на топлопроводност в затворено пространство [6],  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  са съответно интегралните излъчвателни константи на керамичната и кварцова тръби,  $S_2$  - външна повърхнина на кварцовата тръба,  $T_1, T_2, T_3$  - температури на стените (виж Фиг. 1).

В гранично условие (4) величината  $Q_1$  представлява закона на Стефан-Болцман и описва топлинното излъчване на керамичната тръба в затвореното пространство (поз.2), Фиг.

1,  $Q_2$  представлява закона на Нютон–Риман и описва процеса топлопроводност. Величината  $Q_3$  описва свободната конвекция в затвореното пространство (поз.2), Фиг. 1. По този начин гранично условие (4) отчита всички възможни процеси на топлопренасяне: излъчване, топлопроводност и свободна конвекция.

Д. Определяне разпределението на температурата по напречното сечение на тръбата се извършва чрез следната получена в [6- 8] формула :

$$T(r) = \left[ T_1^{m+1} - \frac{(1+m) K_1 q_0 (r^2 - R_1^2) (4a + br^2 + bR_1^2)}{16\lambda_0} \right]^{\frac{1}{1+m}} \quad (6)$$

#### 4. Развитие на новия температурен модел

А\*. За керамичната тръба отново приемаме, че е в сила равенството (5).

Б\*. Анализът [6 - 8] на процесите в гранично условие (4) показва, че основен процес на топлопренасяне е излъчването,  $Q_1 = 72\%$ . На процеса на топлопроводност  $Q_2 = 28\%$ . Процесът на конвективно топлопренасяне  $Q_3$  е несъществен и може да се пренебрегне. По този начин гранично условие (4) се опростява и добива следния вид:

$$Q = \varepsilon_{eff} c \left[ \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_3}{100} \right)^4 \right] S_2 + \frac{2\pi\lambda_2 l_a}{\ln(d_3/d_2)} (T_2 - T_3) \quad (7)$$

$$= Q_1 + Q_2$$

В\*. Гранично условие (3) отчита само процеса на топлопроводност в кварцовата тръба. Тя, за разлика от тръбата от керамика, е оптически прозрачна за част от излъчваната енергия от керамичната тръба в областта на инфрачервеното излъчване. Предварителните пресмятания показват, че около 50% от излъчването с дължина на вълната по-голяма от 4  $\mu\text{m}$  се поглъща от кварцовата тръба и се предава чрез топлопроводност, гранично условие (3). Останалата част, с дължина на вълната по-малка от 4  $\mu\text{m}$ , преминава безпрепятствено през кварца и се излъчва от повърхността на кварцовата тръба. По този начин можем да формулираме нови гранични условия  $\Gamma^*$  и  $D^*$ , които имат следния вид:

$\Gamma^*$ . Гранично условие за кварцовата тръба:

$$Q = \frac{2\pi\lambda_3 l_a (T_4 - T_3)}{\ln(d_4 / d_3)} + \frac{1}{2} F_3 \varepsilon_1 c \left[ \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_3}{100} \right)^4 \right] \quad (8)$$

$$= Q_4 + \frac{1}{2} Q_1$$

където  $Q_4$  отчита процеса на топлопроводност в кварцовата тръба, уравнение (3).

В развития температурен модел [6 - 8] е зададена температурата  $T_4=1200$  K, получена чрез коректно измерване. В новия модел ще разгледаме лазерната тръба без изолация. В този случай приемаме, че  $T_4$  е неизвестна и трябва да бъде определена. Целта е да се изследват по нов начин процесите на топлопреминаване през тръбите без изолация. За тази цел въвеждаме:

Д\*. Гранично условие за кварцова тръба – околно пространство:

$$Q = \alpha F_4 (T_4 - T_{air}) + F_4 \varepsilon_2 c \left[ \left( \frac{T_4}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{air}}{100} \right)^4 \right] + \frac{1}{2} F_3 \varepsilon_1 c \left[ \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_3}{100} \right)^4 \right] = \quad (9)$$

$$= Q_5 + Q_6 + \frac{1}{2} Q_1$$

В уравнения (8) - (9)  $F_3, F_4$  са съответно вътрешна и външна повърхнина на кварцовата тръба,  $\alpha$  - коефициент на топлопроводност.

Гранично условие (9) описва начина на топлообмен между външната повърхнина на лазерната тръба и околната среда. То съдържа три събираеми. Първото събираемо  $Q_5$  идва от закона на Нютон-Рихман за топлообмен чрез конвекция, второто  $Q_6$  – от закона на Стефан-Болцман за топлообмен чрез излъчване. Третото събираемо  $\frac{1}{2} Q_1$  отчита излъчването, което преминава през кварцовата тръба и се излъчва от нейната външна повърхност.

### 5. Компютърни симулации и анализ на получените резултати

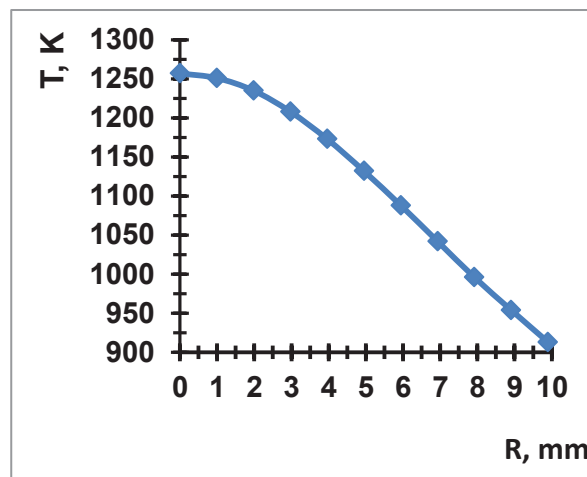
Гранични условия (7), (8) и (9) представляват система от три уравнения с три неизвестни температури:  $T_4, T_3$  и  $T_2$ . Нейното аналитично решаване е невъзможно. Системата е решена числено, с метода на Нютон, като за целта е използвана софтуерната система Wolfram Mathematica. След определяне на температурите  $T_4, T_3$  и  $T_2$  по (5) се определя  $T_1$ . Накрая с формула (6) се определя и радиалното разпределение на температурата в напречното сечение на лазерната тръба. В Табл. 1 са

показани получените характерни температури  $T_4, T_3, T_2, T_1$ , и  $T_0$ .

**Таблица 1.** Стойности на характерните температури

$T_4, K$	$T_3, K$	$T_2, K$	$T_1, K$	$T_0, K$
649	662	883	914	1257

На следващата Фиг. 2 е показано



пресметнатото разпределение на температурата в активната лазерна среда.

**Фиг. 2.** Разпределение на температурата на газа в активната лазерна среда.

На следващата Табл. 2 са показани стойностите на отделните топлинни процеси в гранични условия (7), (8) и (9).

**Таблица 2.** Анализ на топлинните процеси в лазерната тръба

	Гранично условие 7		Гранично условие 8	
	$Q_1$	$Q_2$	$Q_4$	$\frac{1}{2} Q_1$
W	913	462	1144	231
%	66.4	33.6	83.2	16.8
Гранично условие 9				
	$Q_5$	$Q_6$	$\frac{1}{2} Q_1$	$Q_6 + \frac{1}{2} Q_1$
W	574	570	231	801
%	41.8	41.4	16.8	58.2

Основният процес в гранично условие (7) е топлинното излъчване  $Q_1$ . От общо 1375 W на него се падат 913 W или 66.4%. Процесът на топлопроводност  $Q_2$  заема второ място с 462 W



или 33.6%. В гранично условие (8) основен процес е топлопроводността  $Q_4$ . На този процес се падат 1144 W или 83.2%. Процесът на излъчване  $\frac{1}{2}Q_1$  не е основен и заема относителен дял от 16.8%. В гранично условие (9) на процесите на излъчване ( $Q_6 + \frac{1}{2}Q_1$ ) се падат общо 58.2%. Процесът на топлопроводност не е основен и заема 41.8%. Получените резултати качествено се потвърждават от по-рано направените публикации. Тук трябва да отбележим още веднъж, че разглеждаме лазерната тръба без изолация, което променя характера на топлинните процеси както в лазерния източник, така и на неговата повърхност.

### 6. Сравнение на новия температурен модел с по-рано развития

За сравнение на новия топлинен модел с по-рано развития трябва да отчетем факта, че в настоящия случай лазерната тръба е без изолация. Формалното сравнение с резултатите с направените публикации е невъзможен, защото в по-рано развития модел се задава и температурата  $T_4=1200$  K. По тази причина трябва да променим развития модел от точка 4, като пренебрегнем топлинния поток през кварцовата тръба  $\frac{1}{2}Q_1$ . Това означава, че в уравнения (8) и (9) величината  $\frac{1}{2}Q_1$  трябва да отпадне. Резултатите от получените изчисления са показани в сравнителната Табл. 3, ред 1.

Таблица 3. Сравнение на получените резултати

	$T_4$ , K	$T_3$ , K	$T_2$ , K	$T_1$ , K	$T_0$ , K
1	687	702	910	941	1279
2	649	662	883	914	1257
%	5.7	6.0	3.8	3.0	1.7

На ред 2 за сравнение са показани още веднъж резултатите от модел 4, Табл. 1. На ред 3 е дадена относителната грешка в проценти. От показаните резултати следва, че развития по-рано модел дава много малка относителна грешка, в рамките на 2-6%.

На Табл. 4 е показано разпределението на отделните процеси на топлопренасяне съгласно гранични условия (7) – (9), като величината  $\frac{1}{2}Q_1$  е пренебрегната.

От приложената Табл. 4 се вижда, че по същество относителният дял на отделните процеси в гранични условия (7) – (9) не се променя по сравнение с Табл. 2.

Сравняване на получените температури, Табл. 3, ред 1 и 2 показват, че във втория случай (без отчитане на  $\frac{1}{2}Q_1$ ) температурите  $T_4$ ,  $T_3$ ,  $T_2$ ,  $T_1$ , и  $T_0$  са по-високи.

Таблица 4. Топлинни процеси в лазерната тръба

	Гранично условие 7		Гранично условие 8
	$Q_1$	$Q_2$	$Q_4$
W	491.5	883.5	1375
%	35.7	64.3	100
Гранично условие 9			
	$Q_5$		$Q_6$
W	653.1		721.9
%	47.5		52.5

Този резултат е очакван, защото се пренебрегва един процес на топлопредаване, а именно преминаването на част от топлинния поток  $\frac{1}{2}Q_1$  през кварцовата тръба. Независимо, че този процес не е основен, това формално затруднява охлаждането на тръбата и очаквано е температурите се повишават.

### 7. Заключение

В развития температурен модел за първи път се отчита частичната прозрачност на кварцовата тръба по отношение на топлинното излъчване. Независимо, че новият модел по-коректно отчита сложната природа на топлопренасянето, възможната относителна грешка по сравнение с по-рано развития модел се оказва в рамките на 2-6%. Направените компютърни симулации показват, че развитите модели [6 - 8] с достатъчна точност позволяват да се определи разпределението на температурата в активния обем на лазерната среда.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Auerhammer, J.M., Walker, R., van der Meer, A.F.G., and Jean, B. (1999). Dynamic behavior of photoablation products of corneal

- tissue in the mid-IR: a study with FELIX. *Appl. Phys B: Lasers Opt.*, 68, 111–119.
2. Peavy, G.M., Reinisch, L., Rayne, G.T., and Venugopalan, V. (1999). Comparison of corticalbone ablations by using infrared laser wavelength 2.9 to 9.2 mm. *Lasers Surg. Med.*, 25, 421–434.
  3. Pan, B.L., Yao, Z.X., and Chen, G. (2002). A discharge -excited SrBr<sub>2</sub> vapour laser. *Chin. Phys. Lett.*, 19 (7), 941–943.
  4. Temelkov, K.A., Vuchkov, N.K., Freijo-Martin, I., Lema, A., Lyutov, L., and Sabotinov, N.V. (2009). Experimental study on the spectral and spatial characteristics of a high - power He-SrBr<sub>2</sub> laser. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 42 (115105), 1-6.
  5. Temelkov, K.A., Vuchkov, N.K., Pan, B.L., Sabotinov, N.V., Ivanov, B., and Lyutov, L. (2007). Strontium bromide vapor laser excited by nanosecond pulsed longitudinal discharge. *Proc. of SPIE*, 6604, 660410, 1-5.
  6. Iliev, I.P., Gocheva-Ilieva, S.G., Temelkov, K.A., Vuchkov, N.K., and Sabotinov, N.V. (2011). An improved radial temperature model of a high-powered He-SrBr<sub>2</sub> laser. *Opt. Laser Technol.*, 43 (3), 642-647.
  7. Iliev, I.P. (2013). Temperature Analysis for Designing a New High-Powered Strontium Bromide Laser, *Int. J Sci. & Technol. Res.*, 2 (2) 133-137.
  8. Gocheva-Ilieva S.G. (2010). Mathematical modelling and simulation of radial temperature profile of strontium bromide lasers, *Proc. of Int. Sci. Conf., REMIA'2010*, Plovdiv, 21-30.

Технически университет –  
София, Филиал Пловдив,  
4000 Пловдив  
ул. Цанко Дюстабанов 25

Имейл: iliev55@abv.bg



## МИНИМАЛНИ ЦЕНТРАЛНИ ИДЕПОТЕНТИ НА ГРУПОВИ АЛГЕБРИ НА КРАЙНИ Р-ГРУПИ С МИНИМАЛЕН КОМУТАНТ

НЕЛИ КЕРАНОВА

**Резюме:** Нека  $G$  е крайна  $p$ -група с комутант от ред  $p$  и  $K$  е поле с характеристика, различна от  $p$ . Тогава груповата алгебра  $KG$  е полупроста Артинова и следователно тя ще съдържа пълна система от минимални централни ортогонални идемпотенти. Обект на изследване на тази статия е описание на тези идемпотенти.

**Ключови думи:**  $p$ -група, комутант, минимален идемпотент

## MINIMAL CENTRAL IDEMPOTENTS OF GROUP ALGEBRAS OF FINITE P-GROUPS WITH A MINIMAL COMMUTATOR SUBGROUP

NELI KERANOVA

**Abstract:** Let  $G$  be a finite  $p$ -group with a commutator subgroup of order  $p$  and  $K$  be a field with characteristic, different from  $p$ . Then the group algebra  $KG$  is a semisimple Artin algebra and it contains a full system of minimal central orthogonal idempotents. The object of study of this article is the description of these idempotents.

**Key words:** a  $p$ -group, a commutator subgroup, a minimal idempotent.

### 1. Въведение

Познаването на идемпотентите на групова алгебра на крайна група дава възможност за по-задълбоченото ѝ изучаване. В [6,7] са дадени методи за конструиране на примитивни идемпотенти на рационална групова алгебра на крайна nilпотентна група. В [9] е намерена експлицитна форма на минимални идемпотенти на групова алгебра на циклична 2-група над поле с характеристика, различна от 2. Коельо [2] формулира необходимо и достатъчно условие за централност на един идемпотент, когато полето  $K$  е с характеристика  $p > 0$ , а групата  $G$  образува локално-ограничена група. В [3] са разгледани идемпотенти на груповата алгебра  $CSL(3, q)$ . Олтеану [14] дава класически и нови методи за изчисляване на примитивни централни идемпотенти на полупрости групови алгебри.

Нека в настоящата работа  $G$  е крайна  $p$ -група с комутант от ред  $p$  и  $K$  е поле с характеристика, различна от  $p$ . Тогава груповата алгебра  $KG$  е полупроста Артинова и следователно тя ще съдържа пълна система от минимални ортогонални идемпотенти.

### 2. Предварителни резултати

Ще докажем дадем няколко дефиниции и ще докажем леми, които използваме в доказателството на основните резултати. В [10] беше доказано, че ако  $G$  е крайна  $p$ -група с комутант от ред  $p$ , то тя може да се представи като полудиректно произведение на две абелеви групи  $A$  и  $B$ , от които  $B$  съдържа комутанта  $G'$  на  $G$ , а автоморфизмите, с които  $A$  действа на  $B$ , се определят от действието на симплектичните двойки. Изключение прави

случая, когато ключовата подгрупа на  $G$  е групата на кватернионите от ред 8. В този случай сечението на  $A$  и  $B$  съвпада с комутанта  $G'$ . Нека предполагаме, че  $K$  съдържа  $n$ -те корени на единицата, където  $n$  е показателят на групата  $G$ .

Дефиниция 2.1. Нека  $G$  е  $p$ -група. Числото  $p$  ще наричаме показател на групата  $G$ , ако  $k$  е най-малкото естествено число, така че  $g^{p^k} = 1$ , за всяко  $g \in G$ .

Дефиниция 2.2. Нека  $G$  е крайна абелева група и  $K$  е поле, на което характеристиката не дели реда на групата  $G$ . Всеки хомоморфизъм  $\chi: G \rightarrow K^*$ , където  $K^*$  е мултипликативната група на полето  $K$ , се нарича характер на групата  $G$  в полето  $K$ .

Да означим с  $\chi_1$  характерът, при който  $\chi_1(g) = 1$ , за всеки елемент  $g \in G$ . Този характер се нарича единичен характер. Останалите характеры се наричат неединични. Всички характеры на една абелева група образуват също група, която се нарича група от характерите на  $G$ . Тъй като всяка крайна подгрупа на  $K^*$  е циклична, то съгласно теоремата за хомоморфизмите, получаваме, че фактор-групата  $G/\text{Ker}\chi$  е циклична.

Нека  $KG$  е полупроста групова алгебра на абелева група  $G$  над полето  $K$  и нека  $K$  съдържа  $n$ -тите корени на единицата, където  $n$  е показателят на групата  $G$ . Тогава на всеки характер  $\chi$  на групата  $G$  в  $K^*$  съответства минимален идемпотент на  $KG$ , който се получава по формулата:

$$e_\chi = \frac{\chi(0)}{o(G)} \sum_{g \in G} \chi(g^{-1})g \quad (1)$$

По тази формула се получават всички минимални идемпотенти на  $KG$ , когато  $\chi$  пробягва всички характеры на групата  $G$ . Ако  $K$  не съдържа всички корени на единицата, то минималните идемпотенти на  $KG$  могат да се включат като идемпотенти на  $\overline{KG}$ , където  $\overline{K}$  е разширение на  $K$ , съдържащо всички  $n$ -ти корени на единицата. Минималните идемпотенти на  $\overline{KG}$  се разпределят в класове спрегнати идемпотенти над  $K$  и сумата от

минималните идемпотенти на  $\overline{KG}$  от един клас спрегнати идемпотенти определя минимален идемпотент на  $KG$ . Така чрез класовете спрегнати идемпотенти на  $\overline{KG}$  се получават всички минимални идемпотенти на  $KG$ .

Да означим с  $c$  образуващият елемент на комутанта  $G'$  на групата  $G$  и да разгледаме груповата алгебра  $K(Z)$ , където  $Z$  е центърът на  $G$ . Нека  $e'$  е минимален идемпотент на  $K\langle c \rangle$ , така че  $ce' \neq e'$ , а  $e$  е минимален идемпотент на  $K(Z)$ , за който  $ee' = e$ . Това равенство е еквивалентно на условието, че  $e$  участва в разлагането на  $e'$  в сума от минимални ортогонални идемпотенти в  $K(Z)$ . Да разложим идемпотента  $e$  в сума от минимални идемпотенти на груповата алгебра  $K(BZ)$  и нека това разлагане е

$$e = e_1 + e_2 + \dots + e_s \quad (2)$$

Означаваме с  $E$  множеството от идемпотентите, участващи в дясната част на (2).

Лема 2.3. Идемпотентът  $e$  в лявата част на (2) е централен идемпотент на  $KG$ .

Дефиниция 2.4. Полето  $K$  се нарича поле на разлагане на групата  $G$ , ако за всеки минимален централен идемпотент на  $KG$  идеалът  $KGe$  е централна проста алгебра над полето  $K$ .

Тъй като стойностите на характерите са корени на единицата, то полето  $K$  ще бъде поле на разлагане на групата  $G$  точно тогава, когато  $K$  съдържа примитивен корен на единицата от степен  $p^k$ , където  $p^k$  е по-големият от показателите на  $Z$  и  $G/G'$ . В следващите разглеждания ще предполагаме, че  $K$  е поле на разлагане на  $G$ .

Лема 2.5. Нека  $G$  е крайна  $p$ -група с комутант от ред  $p$  и  $K$  е поле на разлагане на  $G$ . Нека освен това  $e_i \in E$  и  $a \in A$ . Тогава равенството

$$a^{-1}e_i a = e_i \quad (3)$$

е изпълнено точно когато  $a \in A \cap Z$ .



Лема 2.6. Елементите на  $A$  пермутират елементите на  $E$  чрез спрягане. Единичната субституция на  $E$  съответства на елементите на  $A \cap Z$ .

Лема 2.7. Броят на идемпотентите в  $E$  е равен на  $\sqrt{\frac{|G|}{|Z|}}$ , ако  $K$  е полето на разлагане на групата  $G$ .

Лема 2.8. Групата  $A$  действа транзитивно върху  $E$ .

### 3. Основни резултати

Известно е, че за всяка полупроста Артинова алгебра над поле съществува единствена пълна система от централни минимални ортогонални идемпотенти. Ще дадем следните пояснения: пълна система от идемпотенти означава, че сумата им е равна на единица, централни означава, че тези идемпотенти принадлежат на центъра на  $KG$ , минимален идемпотент означава, че идеалът, породен от него, е прост Артинов и освен това всеки два различни идемпотенти са ортогонални.

Теорема 3.1. Нека  $K$  е поле с характеристика, различна от простото число  $p$ ,  $G$  е крайна  $p$ -група с комутант от ред  $p$  и  $K$  е поле на разлагане на групата  $G$ . Пълна система от централни минимални ортогонални идемпотенти на груповата алгебра  $KG$  се състои от следните два типа идемпотенти:

- (i) Продължения на идемпотента  $e_0$  на  $KG'$ , съответстващ на единичния характер на  $G'$  в  $K(G/G')$ , където  $G' = \langle c \rangle$  е комутантът на  $G$ .
- (ii) Продължения на идемпотентите на  $KG'$ , съответстващи на неединичните характери в  $KZ$ , където  $Z$  е центърът на  $G$ .

Доказателство: Сумата на идемпотентите от типа (i) е равна на  $e_0$ , а сумата на тези от типа (ii) е  $1 - e_0$ . Следователно сумата на всички идемпотенти от тип (i) и тип (ii) е единица. Ако  $g$  е нецентрален елемент на  $G$ , то неговият клас от спрегнати елементи се състои от  $g, gc, gc^2, \dots, gc^{p-1}$ , където  $c$  е образуващият елемент на  $G'$ . Тъй като

$$e_0 = \frac{1}{p} (1 + c + c^2 + \dots + c^{p-1}),$$

то продълженията на  $e_0$  ще се изразяват линейно чрез суми от вида  $g + gc + gc^2 + \dots + gc^{p-1}$ , където  $g$  ще пробягва пълна система представители на  $G$  по  $G'$ . Това показва, че идемпотентите от тип (i) са централни. Централността на идемпотентите от тип (ii) е очевидна. Ортогоналността на идемпотентите от двата типа следва от теорията на груповите алгебри на абелеви групи. Всеки идемпотент от тип (i) поражда идеал, който е изоморфен на полето  $K$ .

Нека  $e$  е идемпотент от тип (ii). Идеалът  $KG_e$  е крайномерна алгебра над  $K$  и като такава тя е Артинова, както отляво, така и отдясно. Остава да се докаже, че  $KG_e$  е проста алгебра с единица  $e$ . За тази цел трябва да се докаже, че  $KG_e$  не съдържа нетривиални двустранни идеали. Нека  $I$  е ненулев двустранен идеал на  $KG_e$ . Ще докажем, че  $I$  съвпада с  $KG_e$ , за което е достатъчно да се докаже, че  $e \in I$ . Тъй като  $I$  е ненулев, то  $I$  ще съдържа елемент  $xe \neq 0, x \in KG$ . Разлагаме  $e$  в сума на минимални идемпотенти на  $K(BZ)$ , както е по формула (2). Тогава ще имаме равенството:

$$xe = xe_1 + xe_2 + \dots + xe_s. \tag{4}$$

От  $xe \neq 0$  следва, че за поне едно  $i \in \{1, 2, \dots, s\}$  ще имаме  $xe_i \neq 0$ . Но  $xe_i = xee_i \in I$ . Идемпотентът  $e_i$  е минимален идемпотент на  $K(BZ)$  и тъй като  $BZ$  е абелева група, то  $K(BZ)e_i \cong K$ . Тогава елементът  $xe_i$  може да се представи във вида:

$$xe_i = \sum_{a \in \Pi} \lambda_a a e_i \in I, \tag{5}$$

където  $\Pi$  е пълна система представители на  $A$  по  $A \cap Z$ , а  $\lambda_a \in K(BZ)e_i$ . От  $xe_i \neq 0$  следва, че за поне едно  $a_0 \in A$  ще имаме  $\lambda_{a_0} a_0 e_i \neq 0$ . Да поставим  $a_0 e_i a_0^{-1} = e_j$  и да умножим равенството (5) отляво с  $e_j$ . Получаваме

$$e_j x e_i = \sum_{a \in \Pi} \lambda_a e_j a e_i \in I. \tag{6}$$

Ако  $a \neq a_0$ , то тъй като  $a_0, a \in \Pi$ , следва  $a_0^{-1}a \notin A \cap Z$ . Тогава по лема 2.4. ще имаме  $a^{-1}a_0e_ia_0^{-1}a \neq e_i$ , от където  $a^{-1}e_ja = e_k \neq e_i$ . От тук за събираемите в дясната част на (6), при  $a \neq a_0$ , ще имаме  $\lambda_a e_j a e_i = \lambda_a a e_k e_i = 0$ . И така в дясната част на (6) фигурира само едно събираемо, а именно  $\lambda_{a_0} a_0 e_i$ . От (6) следва, че  $\lambda_{a_0} a_0 e_i \in I$  и тъй като  $\lambda_{a_0} e_i$  е ненулев елемент от поле, то  $e_i \in I$ . Като спрегнем  $e_i$  с всички елементи на  $\Pi$ , ще получим всички идемпотенти от  $E$ . Тъй като  $I$  е двустранен идеал и  $e_i \in I$ , то спрягането на  $e_i$  води до елементи на  $I$ . Следователно всички идемпотенти на  $E$  принадлежат на  $I$ , а тяхната сума е равна на  $e$ . Следователно  $e \in I$ . С това теоремата е доказана.

Сега ще разгледаме въпроса за минималните централни идемпотенти на  $KG$ , когато  $K$  не е полето на разлагане на групата  $G$ . Да означим с  $\bar{K}$  полето на разлагане на  $G$ . То се получава от  $K$ , като присъединим примитивен  $p^k$ -ти корен на единицата, където  $p^k$  е максимум от показателите на  $Z$  и  $G/G'$ . Полиномът  $f(x) = x^{p^k} - 1$  се разлага на неразложими множители над  $K$  и за корените на всеки негов неразложим множител ще казваме, че образуват клас спрегнати корени. По такъв начин множеството от всички  $p^k$ -ти корени на единицата се разбива на непресичащи се класове спрегнати корени. В частност, ако  $\bar{K} = K$ , то всеки клас се състои от по един корен. Очевидно, всяка симетрична функция от клас спрегнати корени има за стойност елемент от  $K$ . Полето  $\bar{K}$  е нормално разширение на  $K$  и там действа групата на Галоа, която пермутира корените вътре във всеки клас. Груповата алгебра по естествен начин се влага в  $\bar{K}G$  и минималните централни идемпотенти на  $KG$  автоматично стават централни идемпотенти на  $\bar{K}G$ , но там вече те не са минимални, а се разлагат на сума от минимални централни идемпотенти на  $\bar{K}G$ . Нека  $e$  е минимален централен идемпотент на  $KG$  и нека разлагането му в  $\bar{K}G$  е следното:  $e = e_1 + e_2 + \dots + e_s$ .

Като действаме на това равенство с автоморфизмите от групата на Галоа, то

идемпотентът  $e$  се запазва, от където следва, че идемпотентите  $e_1, e_2, \dots, e_s$  се пермутират и следователно тези идемпотенти образуват клас спрегнати идемпотенти. Обратно, ако съберем идемпотентите от един произволен спрегнат клас на  $\bar{K}G$ , то ще получим съответен идемпотент на  $KG$ . С това е доказана следната теорема:

**Теорема 3.2.** Нека  $K$  е поле с характеристика, различна от  $p$  и  $G$  е крайна  $p$ -група с комутант от ред  $p$ . Тогава всеки минимален централен идемпотент на  $KG$  се получава, като съберем минималните централни идемпотенти от един спрегнат клас минимални централни идемпотенти на  $\bar{K}G$ , където  $\bar{K}$  е полето на разлагане на  $G$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Coelho, G., (1987). A note on central idempotents in group rings, Proceedings of the Edinburgh Mathematical Society, (30), 69-72.
2. Guzel, E., Primitive idempotents of the group algebra  $CSL(3,q)$ , (1992). Math. Scand., (70), 177-185
3. Jespers, E., Leal, G. and Pasques, A., Central idempotents in the rational group algebra of a finite nilpotent group, (2003), Journal of Algebra and its applications, (02), 57-62
4. Jespers, E., Olteanu, G. and Del Rio, A., Rational Group Algebras of Finite Groups: From Idempotents to Units of Integral Group Rings, (2012), Algebra and Representation Theory, (15), 359-377
5. Mollov, T., Nachev, N., Minimal idempotents of twisted group algebras of cyclic 2-groups, (2003), Southeast Asian Bulletin of Mathematics, (26), 593-601
6. Keranova, N. and Nachev, N., Invariants of finite  $p$ -groups with a minimal commutator subgroup, (2015), Compt. rend. Acad. bulg. Sci., (68), 5-10
7. Olteanu, G., Idempotents in group algebra, (2012), Mathematica, (54), 185-198

Neli Keranova Department of Mathematics,  
Informatics and Physics  
Agricultural University  
12 Mendeleev, Blvd.  
4000 Plovdiv  
BULGARIA  
E-mail: [nelikeranova@abv.bg](mailto:nelikeranova@abv.bg)



## ВЛИЯНИЕ НА ТЕМПЕРАТУРАТА ВЪРХУ ИНХИБИТОРНИЯ ПРОЦЕС В ПРИСЪСТВИЕ НА КВАТЕРНЕРНИ АМОНИЕИ ДИБРОМИДИ КАТО ИНХИБИТОРИ НА КОРОЗИЯ В КИСЕЛА СРЕДА

АНГЕЛИНА ПОПОВА<sup>A</sup>, МИХАЙ ХРИСТОВ<sup>A</sup>, АЛЕКСЕЙ ВАСИЛЕВ<sup>B</sup>, КРИСТИЯН ГИРГИНОВ<sup>A</sup>,  
АНТОНИНА ДЖАМБОВА<sup>A</sup>

**Резюме:** Изследвани са инхибиторните свойства на два кватернерни амониеви дибромида при корозия на нисковъглеродна стомана в 1 М солна киселина в температурния интервал 30 - 60 °С. Предложени са два структурни модела, които описват процесите на фазовата граница стомана/1М НСl + инхибитор. Установено е, че инхибиторният ефект зависи от молекулната структура и температурата.

**Ключови думи:** корозионни инхибитори, импедансна спектроскопия, кисела среда

## INFLUENCE OF THE TEMPERATURE ON THE INHIBITION PROCESS IN PRESENCE OF QUATERNARY AMMONIUM DIBROMIDES AS ACID CORROSION INHIBITORS

ANGELINA POPOVA<sup>A</sup>, MIHAI CHRISTOV<sup>A</sup>, ALEXEI VASILEV<sup>B</sup>, CHRISTIAN GIRGINOV<sup>A</sup>,  
ANTONINA DJAMBOVA<sup>A</sup>

**Abstract:** Two quaternary ammonium di-bromides were investigated as corrosion inhibitors of mild steel in 1M HCl in the temperature range 30 - 60 °C. Equivalent structure models of the interface metal/1M HCl + inhibitor are presented to describe the process. The inhibitor efficiency was found to depend on molecular structure of the inhibitor and temperature.

**Key words:** corrosion inhibitors, impedance spectroscopy, acidic media

### 1. Увод

Киселинните водни разтвори се използват в редица индустриални технологии като байцване преди нанасяне на метални покрития, сваляне на окалината, получена при производството на металите и др. Защитата от корозия в тези среди се извършва чрез въвеждане на инхибитори. Процесите се провеждат при сравнително високи температури, затова е важно да се познава поведението на инхибиторите при тези условия. Влиянието на температурата върху защитните им свойства е обект на редица

изследвания [1-4]. В настоящата работа е изследвана корозията на нисковъглеродна стомана (СТ3) в кисела среда - 1 М НСl в присъствие на инхибитори - две кватернерни амониеви соли, синтезирани специално за целта (таблица 1). Структурата на молекулите им дава възможност да се оцени влиянието на допълнителната диметиламино - група на място 3 в пиридиновия хетероцикъл.

Разглежда се поведението на инхибиторите в температурния интервал 30 - 60 °С с оглед практическото им приложение.

## 2. Експериментална част

Използвани са методът на електрохимичната импедансна спектроскопия (променливотоков метод) и методът на поляризационното съпротивление (постояннотоков метод).

Експериментите са проведени в конвенционална три електродна клетка. Работният електрод е от нисковъглеродна стомана СТЗ, сравнителният електрод е наситен каломелов, противоелектродът е платинова пластинка. Преди всеки експеримент работният електрод се полира с абразивна хартия 600, промива се с вода и със спирт-етерна смес.

Импедансните спектри (IS) са снети след 1 час експозиция на работния електрод в изследвания разтвор при съответната температура. Използвана е EG&G Instruments PAR апаратура. Измерван е отговорът на системата на променливотоков сигнал с честота от 95 до 0,1 Hz и амплитуда от пик до пик 10 mV. Всички импедансни спектри са снети при потенциал на отворена верига, т.е.  $E_{corr}$ .

При метода на поляризационното съпротивление ( $R_p$  - метод) работният електрод е поляризиран приблизително 15 mV спрямо  $E_{corr}$ . За всяка температура са провеждани по 5 независими експеримента. Дадено е стандартното отклонение на резултатите.

## 3. Резултати и обсъждане

Инхибиторите са добавени в корозионната среда в оптимална концентрация -  $2 \cdot 10^{-2}$  М ТР и  $2 \cdot 10^{-2}$  М ТРА. Повишаването на температурата оказва влияние върху вида на импедансните спектри. При температури 30, 40 и 50 °C в импедансния спектър се наблюдават две времеконстанти, свързани с процесите на релаксация на повърхността (Фиг. 1).

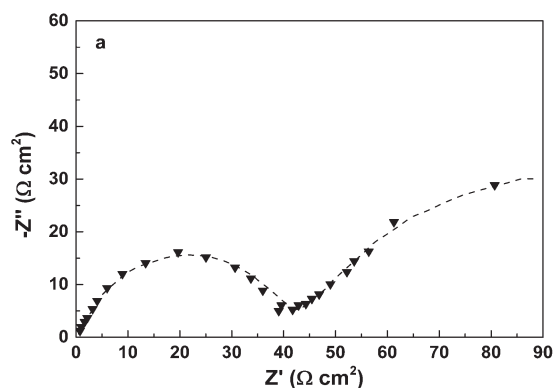
Първата времеконстанта е свързана с релаксацията на двойния електричен слой, а втората – с релаксацията на адсорбционния слой. При най-високата изследвана температура обаче – 60 °C, се наблюдава само една времеконстанта. Това изменение е налице в присъствие и на двата инхибитора. В моделната среда – 1 М HCl без инхибитор се наблюдава също една времеконстанта [5]. Това показва, че с увеличаване на температурата втората времеконстанта все по-трудно се идентифицира. Когато центърът на капацитивния полукръг лежи под абсцисната ос кондензаторът  $C$  се заменя с разпределен елемент, какъвто е постоянно фазовият елемент CPE. Импедансът на CPE се дава с израза [6]:

$$Z_{CPE} = A^{-1}(i\omega)^{-n}, \quad (1)$$

където  $A$  е коефициент на пропорционалност, а  $n$  има смисъл на фазово отместване.

Таблица 1.  
Изследвани съединения.

Съединение	Структурна формула
2-Methyl-3-(3-(pyridinium-1-yl)propyl)benzo[d]thiazol-3-ium dibromide (TP)	
3-(3-(4-(Dimethylamino)pyridinium-1-yl)propyl)-2-methylbenzo[d]thiazol-3-ium dibromide (TPA)	



Фиг. 1. Импедансна диаграма при 30 °C в присъствие на ТРА: ▽ - експериментални данни; ..... – изчислени

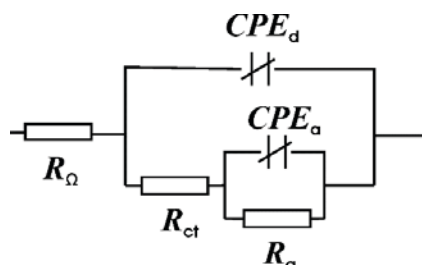
С CPE могат да се моделират различни физични явления с честотно диспергиращо действие. В този случай той моделира повърхностната хетерогенност и адсорбцията на инхибиторите. Стойността на  $n$  може да се използва като мярка за повърхностната нееднородност.

Импедансните данни са анализирани количествено като е създаден модел на корозионен процес с водородна деполяризация, какъвто се наблюдава в солна киселина.

Моделът, който пресъздава структурата и процесите на междуфазовата граница метал/електролит в присъствие и на двата инхибитора в температурния интервал 30 -50 °C включва: сума от съпротивленията на разтвора и токопроводящите метални проводници -  $R_{\Omega}$ ,

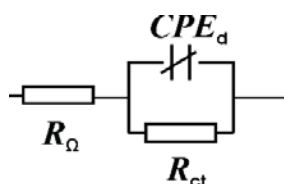


съпротивление на пренос на товар  $R_{ct}$ , капацитет на двойния електричен слой  $C_d$  и успоредно на тях адсорбционно съпротивление  $R_a$ , и адсорбционен капацитет  $C_a$ . Двата капацитета са разпределени и са моделирани с CPE. Структурният модел е с две времеконстанти и е представен на Фиг. 2.



**Фиг. 2.** Структурен модел на междуфазовата граница CT3/1M HCl + TP и TRA при температури 30 - 50 °C.

Еквивалентната електрична схема, която пресъздава структурата и процесите на междуфазовата граница без инхибитор и при 60 °C с инхибитор включва сума от съпротивленията на разтвора и токопроводящите метални проводници -  $R_Ω$ , съпротивление на пренос на товар  $R_{ct}$  и капацитет на двойния електричен слой  $C_d$ . Той е разпределен и е представен с CPE. Структурният модел е с една времеконстанта (Фиг.3):



**Фиг. 3.** Структурен модел на междуфазовата граница CT3/1M HCl + TP и TRA при 60 °C.

С помощта на компютърна програма са изчислени стойностите на параметрите на моделите и са дадени в таблица 2 за TRA. Пасването на изчислените стойности на модела и импедансните данни е илюстрирано на Фиг.1. От стойностите на величините, характеризиращи CPE ( $A$  и  $n$ ) е получена ориентировъчна стойност за капацитета  $C$  по формулата:

$$C_d = \sqrt[n]{A \cdot R_{ct}^{1-n}} \quad (2)$$

Времето за релаксация на повърхността е изчислено по формулата:

$$\tau = C \cdot R \quad (3)$$

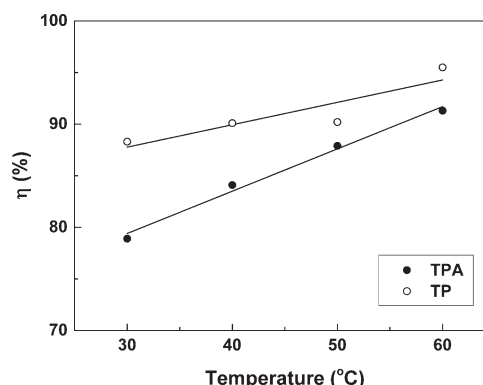
В температурния интервал 30 - 50 °C в присъствие на TRA се наблюдават следните зависимости: адсорбционното съпротивление  $R_a$  намалява, адсорбционният капацитет  $C_a$  слабо нараства,  $R_{ct}$  намалява в много по-малка степен от  $R_a$ , а  $C_d$  показва тенденция на слабо нарастване. Времеконстантата, свързана с релаксацията на адсорбционния слой  $\tau_a$  намалява. Тя има много по-голяма стойност в сравнение с  $\tau_d$ . Същите тенденции се наблюдават и в присъствие на TP. Всичко това показва, че с увеличаване на температурата се наблюдава десорбция на инхибитора.

Намерените стойности на  $R_p^{DC}$  от независимия  $R_p$ -метод са близки до тези от импедансния метод -  $R_{ct}$  (при една времеконстанта) и  $R_{ct} + R_a$  (при две времеконстанти). Двата метода се съгласуват добре.

Стойностите на  $R_p^{DC}$  в присъствие и на двата инхибитора намаляват с температурата. Стойностите на  $R_p^{DC}$  във фоновия разтвор на 1 M HCl обаче намаляват в много по-голяма степен с повишаване на температурата, поради което защитният ефект се запазва висок. Инхибиторният ефект  $\eta(\%)$  е изчислен по формулата:

$$\eta(\%) = \frac{R_p^{inh} - R_p^0}{R_p^{inh}}, \quad (4)$$

където  $R_p^{inh}$  е поляризационното съпротивление в присъствие на инхибитор, а  $R_p^0$  – без инхибитор. Зависимостта между инхибиторния ефект,  $\eta(\%)$  и температурата е представена на Фиг.4.



**Фиг. 4.** Зависимост на инхибиторния ефект  $\eta$  (%) от температурата

Вижда се, че и двете изследвани съединения увеличават защитния си ефект с

температурата. Те показват много добри защитни свойства при 60 °С, особено ТР.

Двете съединения имат сходна молекулна структура – съдържат тиазолов и пиридинов хетероцикл, свързани с пропилова верига (-CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>. Различават се с една диметилова група на място 4 в пиридиновия пръстен, следователно разликата в инхибиторното им действие се дължи именно на нея.

**Таблица 2.** Междуфазова граница  
CT3 /1M HCl + 2 x 10<sup>-2</sup> M TPA

T (°C)	30	40	50	60
R <sub>a</sub> (Ω cm <sup>2</sup> )	111.2 ± 5.3	60.3 ± 3.2	22.3 ± 4.1	
10 <sup>6</sup> C <sub>a</sub> (F cm <sup>-2</sup> )	51434	56013	64986	
n <sub>a</sub>	0.69 ± 0.01	0.69 ± 0.01	0.70 ± 0.01	
R <sub>ct</sub> (Ω cm <sup>2</sup> )	50.3 ± 12.0	49.0 ± 5.2	45.0 ± 3.8	37.4 ± 1.6
10 <sup>6</sup> C <sub>d</sub> (F cm <sup>-2</sup> )	49	58	75	131
n <sub>d</sub>	0.80 ± 0.01	0.76 ± 0.02	0.76 ± 0.01	0.75 ± 0.01
R <sub>Ω</sub> (Ω cm <sup>2</sup> )	0.5	0.5	0.5	0.5
τ <sub>a</sub> (s)	5.7092	3.3608	1.4501	
τ <sub>d</sub> (s)	0.0025	0.0028	0.0034	0.0049
R <sub>p</sub> <sup>DC</sup> (Ω cm <sup>2</sup> )	160.8 ± 38.1	106.7 ± 16.8	68.9 ± 3.5	35.5 ± 1.8

Резултатите показват, че наличието на диметилова група слабо влошава защитните свойства, което най-вероятно е свързано с конформационно нагаждане на молекулата в пространството и от тук – с плътността на адсорбционния слой.

#### 4. Заключение

Температурата оказва влияние върху импедансния спектър в присъствие на инхибитори.

Междуфазовата граница се описва с два структурни модела, които много добре пасват на импедансните данни. Изчислени са и стойностите на параметрите на тези модели.

Защитните свойства и на двете съединения при висока температура са много добри, като ТР е по-добър инхибитор от ТРА.

Благодарности: Авторите благодарят на ДФНИ Т 02/7 за финансовата подкрепа.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Moretti, G., Guidi, F. and Fabris F. (2013). Corrosion inhibition of the mild steel in 0.5M HCl by 2-butyl-hexahydropyrrolo [1,2-b][1,2]oxazole, *Corros. Sci.*, (76), 206-218.
- Özker, D., Kayakirilmaz, K., Bayol, E., Gürten, A.A. and Kandemirli, F. (2012). The inhibition effect of Azure A on mild steel in 1M HCl. A complete study: Adsorption, temperature, duration and quantum chemical aspects, *Corros. Sci.*, (56), 143-152.
- Popova, A. (2007). Temperature effect on mild steel corrosion in acid media in presence of azoles, *Corros. Sci.*, (49), 2144–2158.
- Yildiz, R., Doğan, T. and Dehri, T. (2014). Evaluation of corrosion inhibition of mild steel in 0.1M HCl by 4-amino-3-hydroxynaphthalene-1-sulphonic acid, *Corros. Sci.*, (85), 215-221.
- Popova, A., Sokolova, E., Raicheva, S. and Christov M. (2003). AC and DC study of temperature effect on mild steel corrosion in acid media in presence of benzimidazole derivatives, *Corros. Sci.*, (45), 33-58.
- Stoynov, Z.B., Grafov, B.M., Savova-Stoynova, B. and Elkin, V.V. (1991). *Electrochemical Impedance*, 485, Nauka, Moscow

<sup>a</sup> Department of Physical Chemistry  
University of Chemical Technology and Metallurgy  
8, Kl. Ohridski Bld.  
1756 Sofia,  
BULGARIA  
E-mail: [apopova@uctm.edu](mailto:apopova@uctm.edu)  
E-mail: [akpopova@tu-sofia.bg](mailto:akpopova@tu-sofia.bg)  
E-mail: [chr@uctm.edu](mailto:chr@uctm.edu)  
E-mail: [christian.girginov@gmail.com](mailto:christian.girginov@gmail.com)  
E-mail: [a.djambova@uctm.edu](mailto:a.djambova@uctm.edu)

<sup>b</sup> Deptment of Applied Chemistry,  
Sofia University “Sveti Kliment Ohridski”  
1, James Boucher Bld.  
1126 Sofia  
BULGARIA  
E-mail: [ohtavv@chem.uni-sofia.bg](mailto:ohtavv@chem.uni-sofia.bg)



## НЕЛОКАЛНА ГРАНИЧНА ЗАДАЧА ЗА ЕДИН КЛАС ХИПЕРБОЛО-ПАРАБОЛИЧНИ ЧАСТНИ ДИФЕРЕНЦИАЛНИ УРАВНЕНИЯ ОТ ЧЕТВЪРТИ РЕД

ГЕОРГИ П. ПАСКАЛЕВ

**Резюме:** В настоящата работа се доказват съществуване и единственост на обобщеното решение на нелокална гранична задача за един клас частни диференциални уравнения от хипероло-параболичен тип в цилиндрична област. Елиптическата част на диференциалния оператор зависи от пространствените променливи и от времевата променлива  $t$ .

**Ключови думи:** ЧДУ от четвърти ред, нелокални гранични условия, анизотропни пространства на Соболев, априорни оценки.

## NONLOCAL BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR A CLASS OF FOURTH-ORDER PDE OF HYPERBOLIC-PARABOLIC TYPE

GEORGI P. PASKALEV

**Abstract.** In the present paper existence and uniqueness of the generalized solution of a nonlocal boundary value problem for a class of fourth-order partial PDE of hyperbolic-parabolic type in cylindrical domain are proved. The elliptic part of the differential operator depends on the spatial variables and on the time variable  $t$ .

**Key words:** fourth-order PDE, nonlocal boundary conditions, anisotropic Sobolev spaces, a priori estimates.

### 1. Introduction

Let  $D$  be a bounded domain in  $R^n$ ,  $n \geq 1$  with boundary  $\partial D$ . We set  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ,  $G = D \times (0, T)$ , and  $\Gamma = D \times (0, T)$ ,  $T > 0$ . We assume that  $\Gamma$  is a smooth surface.

In the domain  $G$  we consider the equation

$$Lu \equiv P_4(t, x)u + Q_4(t, x)u + [c(t, x) - C]u = f(t, x), \quad (1)$$

where  $C = \text{const} > 0$  and

$$Q_4(t, x)u \equiv \sum_{|\alpha|=|\beta|=2} D_x^\alpha [a^{\alpha\beta}(t, x)D_x^\beta u], \quad P_4(t, x)u \equiv \sum_{i=1}^4 k_i(t, x)D_t^i u,$$

$D_t^i u \equiv \partial^i u / \partial t^i$ ,  $D_x^\alpha u \equiv \partial^{|\alpha|} u / \partial x_1^{\alpha_1} \partial x_2^{\alpha_2} \dots \partial x_n^{\alpha_n}$ ,  $|\alpha| = \alpha_1 + \dots + \alpha_n$ ,  $\alpha_i \geq 0$  are integers,  $k_i(t, x)$ ,  $i = \overline{1, 4}$ ,  $c(t, x)$ ,  $a^{\alpha\beta}(t, x) \in C^\infty(\overline{G})$ ,  $a^{\beta\alpha}(t, x) \equiv a^{\alpha\beta}(t, x) \forall \alpha, \beta: |\alpha| = |\beta| = 2$ ,  $\forall (t, x) \in \overline{G}$ , Suppose also that  $D_x^\alpha a^{\alpha\beta}(T, x) = D_x^\alpha a^{\alpha\beta}(0, x) \forall x \in \overline{D}$ ,  $|\alpha| \leq 1$ ,  $D_t^j k_i(T, x) = D_t^j k_i(0, x)$ ,  $i = \overline{1, 4}$ ;  $j = \overline{0, i-1}$ ;  $\forall x \in \overline{D}$ ,  $k_4(t, x) \leq 0$ ,  $\forall (t, x) \in G$ ,  $k_4(0, x) < 0 \forall x \in \overline{D}$ , and finally that  $Q_4$  is a strong elliptic operator in  $\overline{G}$ , i.e.  $\sum_{|\alpha|=|\beta|=2} \xi^\alpha a^{\alpha\beta}(t, x) \xi^\beta \geq C_0 |\xi|^4 \forall \xi \in R^n \forall (t, x) \in \overline{G}$ , where  $C_0 = const > 0$  and  $\alpha, \beta$  are multi indices.

The equation (1) is a hyperbolic-parabolic type equation in  $G \cup \Gamma$  and on the bottoms of the cylindrical domain the equation is hyperbolic.

## 2. Boundary conditions and function spaces

Let  $\lambda$  is a real number, such that  $\lambda \neq 0$ ,  $|\lambda| < 1$ . Consider the following boundary value problem. To find a solution of equation (1) in  $G$ , satisfying the boundary conditions

$$D_x^\alpha u|_\Gamma = 0; |\alpha| \leq 1, \tag{2}$$

$$D_t^j u(T, x) = \lambda D_t^j u(0, x), j = \overline{0, 3}; \tag{3}$$

Let  $\tilde{C}^\infty(\overline{G})$  be the space of infinitely smooth in  $\overline{G}$  functions, satisfying the boundary conditions (2) and (3) and let  $\tilde{C}_*^\infty(\overline{G})$  be the corresponding space of infinitely smooth in  $\overline{G}$  functions, satisfying the adjoint to (2) and (3) boundary conditions:

$$D_x^\alpha v|_\Gamma = 0, |\alpha| \leq 1, \quad D_t^j v(0, x) = \lambda D_t^j v(T, x), j = \overline{0, 3};$$

For  $p \geq 1, q \geq 1$  integers define  $H_{t,x}^{p,q}(G)$  as the closure of  $\tilde{C}^\infty(\overline{G})$  with respect to the norm

$$\|u\|_{p,q}^2 = \int_G \sum_{q_i+p_i|\alpha| \leq pq} (D_t^i D_x^\alpha u)^2 dt dx \tag{4}$$

and  $H_{t,x}^{p,q,*}(G)$  as the closure of  $\tilde{C}_*^\infty(\overline{G})$  with respect to the same norm. As usually, the inner product in the space  $L_2(G) \equiv H_{t,x}^{0,0}(G)$  is denoted by  $(\cdot, \cdot)_0$  and the corresponding norm is denoted by  $\|\cdot\|_0$ .

**Definition:** A function  $u \in H_{t,x}^{3,2}(G)$  is called a generalized solution for the problem (1)-(3) if

$$(u, L * v)_0 = (f, v)_0 \forall v \in \tilde{C}_*^\infty(\overline{G}) \tag{5}$$

**Remark:** Using embedding theorems, we can show that the elements of the space  $H_{t,x}^{3,2}(G)$  satisfy the boundary conditions [3] almost everywhere in  $G$ .



### 3. Main Results

**Theorem 1:** Let the following condition is satisfied:

- (i)  $2k_3(t, x) - D_t k_4(t, x) \geq \delta = \text{const} > 0 \quad \forall (t, x) \in \overline{G}$ ,
- (ii)  $k_i(T, x) = k_i(0, x), \forall x \in \overline{D}, i = \overline{1, 2}$ ,
- (iii)  $D_t^i c(T, x) = D_t^i c(0, x), \forall x \in \overline{D}, i = \overline{0, 2}$ .

Then for any function  $f \in L_2(G)$  there exists a generalized solution for the problem (1)-(3).

**Theorem 2:** Let the following condition is satisfied:

- (i)  $2k_3(t, x) - 7k_4(t, x) \geq \delta_1 = \text{const} > 0 \quad \forall (t, x) \in \overline{G}$ ,
- (ii)  $k_i^*(T, x) = k_i^*(0, x), \forall x \in \overline{D}, i = \overline{1, 2}$ ,
- (iii)  $D_t^i c^*(T, x) = D_t^i c^*(0, x), \forall x \in \overline{D}, i = \overline{0, 2}$ ,

where  $k_j^*(t, x), c^*(t, x)$  are the coefficients of the operator, formally adjoint to  $L$ .  
Then the problem (1)-(3) can have no more than one generalized solution.

### 4. Proofs

*Proof of theorem 1:* Let  $\kappa = (1/T) \ln(1/\lambda^2)$  and for  $u \in \tilde{C}^\infty(\overline{G})$  define the operator

$$R[t]u = 2e^{\kappa t} D_t^3 u + 3e^{\kappa t} \kappa D_t^2 u + 3e^{\kappa t} \kappa^2 D_t u. \quad (6)$$

If the constant  $C$  is sufficiently large, by integration by parts and using the Garding's inequality we obtain the following estimate:

$$(Lu, R[t]u)_0 \geq \text{const} \|u\|_{3,2}^2 \quad \forall u \in \tilde{C}^\infty(\overline{G}). \quad (7)$$

For any function  $v \in \tilde{C}_*^\infty(\overline{G})$  consider the problem

$$R[t]u = v, \quad (8)$$

$$D_x^\alpha u|_\Gamma = 0; \quad |\alpha| \leq 1, \quad (9)$$

$$D_t^j u(T, x) = \lambda D_t^j u(0, x), \quad j = \overline{0, 2}; \quad (10)$$

If we present the equation (8) in the form:

$$2D_t^3 u + 3\kappa D_t^2 u + 3\kappa^2 D_t u = e^{-\kappa t} v, \quad (11)$$

then the one fundamental system to (11) is:

$$u_1(t) = 1, \quad u_2(t) = \exp(-3\kappa t/4) \cos(\sqrt{15\kappa t}/4), \quad u_3(t) = \exp(-3\kappa t/4) \sin(\sqrt{15\kappa t}/4)$$

and let we construct a partial solution to the last equation in the form

$$\eta_0(t, x) = G_1(t, x)u_1(t) + G_2(t, x)u_2(t) + G_3(t, x)u_3(t).$$

We have

$$\begin{pmatrix} 1 & u_2(t) & u_3(t) \\ 0 & u_2'(t) & u_3'(t) \\ 0 & u_2''(t) & u_3''(t) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} G_1'(t, x) \\ G_2'(t, x) \\ G_3'(t, x) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ e^{-\kappa t} v(t, x) \end{pmatrix}. \text{ Denote } \Delta(t) = \begin{vmatrix} u_2'(t) & u_3'(t) \\ u_2''(t) & u_3''(t) \end{vmatrix}, \Delta_1(t) = \begin{vmatrix} u_2(t) & u_3(t) \\ u_2'(t) & u_3'(t) \end{vmatrix}. \text{ Then}$$

$$G_1(t, x) = \int_0^t \frac{v(\tau, x) e^{-\kappa \tau} \Delta_1(\tau)}{\Delta(\tau)} d\tau, G_2(\tau, x) = - \int_0^t \frac{v(\tau, x) e^{-\kappa \tau} u_3'(\tau)}{\Delta(\tau)} d\tau, G_3(t, x) = \int_0^t \frac{v(\tau, x) e^{-\kappa \tau} u_2'(\tau)}{\Delta(\tau)} d\tau,$$

Now the general solution to (11) has the form

$$u(t, x) = C_1(x) + C_2(x)u_2(t) + C_3(x)u_3(t) + \eta_0(t, x),$$

and the problem (8)-(10) is solvable if and only if the system

$$\left[ \begin{pmatrix} 1 & u_2(T) & u_3(T) \\ 0 & u_2'(T) & u_3'(T) \\ 0 & u_2''(T) & u_3''(T) \end{pmatrix} - \lambda \begin{pmatrix} 1 & u_2(0) & u_3(0) \\ 0 & u_2'(0) & u_3'(0) \\ 0 & u_2''(0) & u_3''(0) \end{pmatrix} \right] \times \begin{pmatrix} C_1(x) \\ C_2(x) \\ C_3(x) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \eta_0(T, x) - \lambda \eta_0(0, x) \\ D_t \eta_0(T, x) - \lambda D_t \eta_0(0, x) \\ D_t^2 g_3(T, x) - \lambda D_t^2 g_3(0, x) \end{pmatrix}$$

is solvable. But we have

$$\begin{aligned} \det \left[ \begin{pmatrix} 1 & u_2(T) & u_3(T) \\ 0 & u_2'(T) & u_3'(T) \\ 0 & u_2''(T) & u_3''(T) \end{pmatrix} - \lambda \begin{pmatrix} 1 & u_2(0) & u_3(0) \\ 0 & u_2'(0) & u_3'(0) \\ 0 & u_2''(0) & u_3''(0) \end{pmatrix} \right] &= (1 - \lambda) \cdot \det \left[ \begin{pmatrix} u_2'(T) & u_3'(T) \\ u_2''(T) & u_3''(T) \end{pmatrix} - \lambda \begin{pmatrix} u_2'(0) & u_3'(0) \\ u_2''(0) & u_3''(0) \end{pmatrix} \right] = \\ &= \frac{i}{2} (1 - \lambda) \det \left[ \begin{pmatrix} u_2'(T) + iu_3'(T) & u_2'(T) - iu_3'(T) \\ u_2''(T) + iu_3''(T) & u_2''(T) - iu_3''(T) \end{pmatrix} - \lambda \begin{pmatrix} u_2'(0) + iu_3'(0) & u_2'(0) - iu_3'(0) \\ u_2''(0) + iu_3''(0) & u_2''(0) - iu_3''(0) \end{pmatrix} \right] = \\ &= \frac{i}{2} (1 - \lambda) \det \begin{pmatrix} (e^{\kappa \gamma_2 T} - \lambda) \gamma_2 & (e^{\kappa \gamma_3 T} - \lambda) \gamma_3 \\ (e^{\kappa \gamma_2 T} - \lambda) \gamma_2^2 & (e^{\kappa \gamma_3 T} - \lambda) \gamma_3^2 \end{pmatrix} = \frac{i}{2} (1 - \lambda) (e^{\kappa \gamma_2 T} - \lambda) (e^{\kappa \gamma_3 T} - \lambda) \gamma_2 \gamma_3 (\gamma_3 - \gamma_2) \neq 0, \end{aligned}$$

where  $\gamma_{2,3} = -3/4 \pm i\sqrt{15}/4$ .

Additionally for this solution, from (8) we obtain

$$\begin{aligned} D_t^3 u(T, x) &= (1/2) [e^{-\kappa T} v(T, x) - 3\kappa D_t^2 u(T, x) - 3\kappa^2 D_t u(T, x)] \\ &= (1/2) [\lambda^2 v(0, x) / \lambda - 3\kappa D_t^2 \lambda u(0, x) - 3\kappa^2 \lambda D_t u(0, x)] \\ &= (\lambda/2) [v(0, x) - 3\kappa D_t^2 u(0, x) - 3\kappa^2 D_t u(0, x)] = \lambda D_t^3 u(0, x). \end{aligned}$$

Hence  $u \in H_{t,x}^{3,2}(G)$ .

Denote by  $H_{t,x}^{-(3,2)}(G)$  the space with negative norm of Lax, adjoint to  $H_{t,x}^{3,2}(G)$ . For any fixed function  $v \in C_*^\infty(\bar{G})$  denote by  $u$  is the corresponding solution of the problem (8)-(10). Now from the estimate (7) we obtain

$$\|L^*v\|_{-(3,2)} \|u\|_{3,2} \geq (L^*v, u)_0 = (v, Lu)_0 = (Ru, Lu)_0 \geq \text{const} \|u\|_{3,2}^2,$$

from where

$$\|L^*v\|_{-(3,2)} \geq \text{const} \|v\|_0 \quad \forall v \in \tilde{C}_*^\infty(\bar{G}),$$

because from the equality  $R(t)u = v$  it follows that  $\|u\|_{3,2} \geq \|v\|_0$ . Consequently there exists a function  $u \in H_{t,x}^{3,2}(G)$  for which (5) is true. The theorem is proved.

*Proof of theorem 2:* Let  $v$  be an arbitrary element of  $\tilde{C}_*^\infty(\bar{G})$ . We set

$$R_1[t]v = -2e^{-\kappa t} D_t^3 v + 3e^{-\kappa t} \kappa D_t^2 v - 3e^{-\kappa t} \kappa^2 D_t v.$$

Just as in the proof of Theorem 1 we obtain that for some positive constant  $C'$  is valid the inequality  $(L^*v, R_1[t]v)_0 \geq C' \|v\|_{(3,2)}^2 \quad \forall v \in \tilde{C}_*^\infty(\bar{G})$ , which as above implies the a priori estimate

$$\|Lu\|_{-(3,2),*} \geq \text{const} \|u\|_0 \quad \forall u \in \tilde{C}^\infty(\bar{G}),$$

from where it follows uniqueness of the generalized solution  $u \in H_{t,x}^{3,2}(G)$ . The theorem is proved.

### 5. Example

Let  $D = \{(x_1, x_2) / x_1^2 + x_2^2 < 1\}$ ,  $G = D \times (0, 1/2)$ ,  $f \in L_2(G)$  and  $A, C$  are positive constants.

Consider the problem

$$[\sin(4\pi t) - 1]D_t^4 u + \sum_{i=1}^2 D_{x_i}^2 [(3 - x_1 x_2 - t/2 + t^2)D_{x_i}^2 u] + AD_t^3 u - Cu = f(t, x), \quad (12)$$

$$D_x^\alpha u|_\Gamma = 0; \quad |\alpha| \leq 1, \quad (13)$$

$$D_t^j u(1/2, x) = (3/10)D_t^j u(0, x), \quad j = \overline{0, 3}; \quad (14)$$

We have  $n = 2, T = 1/2, \lambda = 3/10, k_4(t, x) \equiv \sin(4\pi t) - 1, k_3(t, x) \equiv A = \text{const} > 0, k_1(t, x) \equiv 0,$

$c(t, x) \equiv 0, a^{\alpha\beta}(x) \equiv 3 - x_1 x_2 - t/2 + t^2$  for  $\alpha = \beta = (2, 0), (0, 2)$  else  $a^{\alpha\beta}(x) \equiv 0$ .

If the constants  $A, C$  are sufficiently large, we can show that all the conditions of the theorems 1, 2 are satisfied. Consequently, the problem (12)-(14) has a unique generalized solution  $u \in H_{t,x}^{3,2}(G)$ .

Local and nonlocal boundary value problems for some classes second, fourth and higher-order partial differential equations are considered in [1-7]. A hyperbolic-parabolic type equation of second order is investigated in [1], where existence and uniqueness of the generalized solution are obtained. In [5, 6] are considered local boundary value problems respectively for fourth-order and higher-order equations. In the present research we generalize some results of [2] and [3] – here we consider the case when the coefficients of the elliptic part of the differential operator depend on the time variable  $t$ . The smoothness of the solutions of the boundary value problem (1)-(3) we shall investigate in another paper.

## REFERENCES

- 1. Karatoprakliev G.D.** A boundary value problem for a class of hyperbolic-parabolic type equations, (Russ.), *Diff. Uravnenia*, Minsk, 1989, V.25, no.8, P.1355-1359.
- 2. Paskalev G.P.** Nonlocal Boundary Value Problem for a class of high-order hyperbolic-parabolic partial differential equations. *Journal of the Technical University at Plovdiv* "Fundamental Sciences and Applications", Vol.2, 1996, P.63-67.
- 3. Paskalev G.P.** Nonlocal boundary value problem for a class of high-order partial differential equations. *Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences, Tome 53, N, 2*, 2000, P.13-16.
- 4. Paskalev G.P.** Nonlocal BVP in cylindrical domain. *Journal of the Technical University at Plovdiv* "Fundamental Sciences and Applications", V.13, 2006, P.37-43.
- 5. Paskalev G.P.** Boundary Value Problem for a Class of Fourth-order Partial Differential Equations of Mixed Type. *Journal of the Technical University at Plovdiv* "Fundamental Sciences and Applications", V.14, 2009, P.467-472.
- 6. Paskalev G.P.** Local Boundary Value Problem for a Class of Higher-order Partial Differential Equations of Mixed Type . *Journal of the Technical University at Plovdiv* "Fundamental Sciences and Applications", V.16, 2011, P.309-312.
- 7. Paskalev G.P.** Nonlocal Boundary Value Problem in Cylindrical domain – the Case when the Nonlocal Condition depends on the Spatial Variables. *Journal of the Technical University at Plovdiv* "Fundamental Sciences and Applications", V.19, 2013, P.135-139.

Department of Mathematics, Physics and Chemistry  
Technical University – Sofia, Plovdiv Branch  
25, Tsanko Dyustabanov Str.  
4000 Plovdiv  
BULGARIA  
e-mail: [g.p.paskalev@abv.bg](mailto:g.p.paskalev@abv.bg)





## ГЛАДКОСТ НА ОБОБЩЕНОТО РЕШЕНИЕ НА НЕЛОКАЛНА ГРАНИЧНА ЗАДАЧА ЗА ЕДИН КЛАС ХИПЕРБОЛО-ПАРАБОЛИЧНИ ЧАСТНИ ДИФЕРЕНЦИАЛНИ УРАВНЕНИЯ ОТ ЧЕТВЪРТИ РЕД

ГЕОРГИ П. ПАСКАЛЕВ

**Резюме:** В представената работа са дадени достатъчни условия за съществуване на гладко и класическо решение на нелокална гранична задача в цилиндрична област за един клас частни диференциални уравнения от четвърти ред от хипероло-параболичен тип. Елиптическата част диференциалния оператор зависи само от пространствените променливи.

**Ключови думи:** ЧДУ от четвърти ред, нелокални гранични условия, анизотропни пространства на Соболев, гладко и класическо решения.

## SMOOTHNESS OF THE GENERALIZED SOLUTION OF A NONLOCAL BVP FOR A CLASS OF FOURTH-ORDER HYPERBOLIC-PARABOLIC EQUATIONS

GEORGI P. PASKALEV

**Abstract.** In the present paper sufficient conditions for existence of smooth and classical solution of a nonlocal boundary value problem for a class of fourth-order partial differential equations of hyperbolic-parabolic type in cylindrical domain are given. The elliptic part of the differential operator depends on the spatial variables only.

**Key words.** fourth-order equation, nonlocal boundary conditions, anisotropic Sobolev space, smooth and classical solutions.

### 1. Introduction

The present paper continues the considerations from [1], where existence and uniqueness of the generalized solution  $u \in H_{t,x}^{3,2}(G)$  under some restrictions imposed on the coefficients of the equation are obtained. (For the definitions of spaces see [1].) Here we study the smoothness of the solution. We consider the problem (1)-(3) in [1] and refer to it as Problem A.

### 2. Function spaces

Let us additionally introduce the following spaces. If  $p \geq 1$  and  $q \geq 1$  are integer numbers, define the space  $W_{t,x}^{p,q}(G)$  as a set of functions  $u \in L_2(G)$  that have generalized derivatives  $D_i^j D_x^\alpha u \in L_2(G)$

$\forall(i, \alpha): i/p + |\alpha|/q \leq 1$ . Then  $W_{t,x}^{p,q}(G)$  is a normed space with a norm given by formula (4) in [1]. If  $q \geq 0$  is an integer, then  $W_{t,x}^{0,q}(G)$  is the set of functions  $u \in L_2(G)$  that have generalized derivatives  $D_x^\alpha u \in L_2(G), |\alpha| \leq q$ . If  $p \geq 0$  is an integer, then  $W_{t,x}^{p,0}(G)$  is the set of functions  $u \in L_2(G)$  with generalized derivatives  $D_t^i u \in L_2(G), i \leq p$ . The norms  $\|u\|_{p,0}$  and  $\|u\|_{0,q}$  of the spaces  $W_{t,x}^{p,0}(G)$  and  $W_{t,x}^{0,q}(G)$ , respectively, are defined by the equalities

$$\|u\|_p^2 \equiv \|u\|_{p,0}^2 = \int_G \sum_{i \leq p} (D_t^i u)^2 dt dx, \quad \|u\|_{0,q}^2 = \int_G \sum_{|\alpha| \leq q} (D_x^\alpha u)^2 dt dx.$$

### 3. Main result.

**Theorem:** Let  $l \geq 1$  be an integer number and let the following conditions be satisfied:

(i)  $f \in W_{t,x}^{l,l}(G)$ ,

(ii)  $D_t^i f(T, x) = \lambda D_t^i f(0, x) \quad i = \overline{0, l-1}$ ; almost everywhere in  $D$ .

(iii)  $2k_3(t, x) + rD_t k_4(t, x) \geq \delta = \text{const} > 0, r = \overline{2p-1}, p = \overline{0, l}, r = \overline{2p-7}, p = \overline{0, l}$ , in  $G$ .

Suppose that the conditions:

(iv)  $k_3(0, x) - (p+1)D_t k_4(t, x) \neq 0$  for  $p = \overline{-l, 2}$ ;

(v)  $D_t^i c(T, x) = D_t^i c(0, x)$  for  $i = \overline{0, l+1}$ ;

(vi)  $D_t^i k_j(T, x) = D_t^i k_j(0, x)$  for  $j = \overline{1, 4}, i = \overline{0, \max(l-1, 4+j)}$ ;

hold in  $D$ .

Then the generalized solution  $u(t, x)$  of Problem A belongs to the space  $W_{t,x}^{3+l, 3+l}(G)$  and

$$D_t^i u(T, x) = \lambda D_t^i u(0, x) = 0, \quad i = \overline{0, 3+l}; \quad \text{almost everywhere in } D.$$

### 4. Proof

First, let  $l=1$ . It follows from the assumptions of the theorem that all the assumptions of Theorems 1 and 2 in [1] are satisfied. Consequently the Problem A has a unique solution  $u(t, x) \in H_{t,x}^{3,2}(G)$ . We shall prove that  $D_t u$  is generalized solution of the same problem for the equation  $L_1 w = f_1$ , where

$$L_1 w \equiv k_4(t, x) D_t^4 w + [k_3(t, x) + D_t k_4(t, x)] D_t^3 w + D_t k_3(t, x) D_t^2 w - Nw - \sum_{|\alpha|=|\beta|=2} D_x^\alpha [a^{\alpha\beta}(x) D_x^\beta w],$$

$f_1(t, x) = D_t \{f(t, x) - [c(t, x) - C]u - Nu - k_1(t, x) D_t u - k_2(t, x) D_t^2 u\}$  and  $N$  is sufficiently large positive constant.

Let us consider the problem

$$L_1 w = f_1 \text{ in } G, \tag{1}$$

$$D_x^\alpha w|_\Gamma = 0, \quad |\alpha| \leq 1, \tag{2}$$

$$D_t^j w(T, x) = \lambda D_t^j w(0, x), \quad j = \overline{0, 3}; \tag{3}$$

All assumptions of Theorems 1 and 2 from [1] are valid and consequently the problem (1)-(3) has a unique generalized solution  $w \in W_{t,x}^{3,2}(G)$ .

If now  $\zeta \in \tilde{C}_*^\infty(\bar{G})$  is an arbitrary element, consider the function

$$v(t, x) = \int_T^t \zeta(\tau, x) d\tau + \frac{1}{1-\lambda} \int_0^T \zeta(\tau, x) d\tau.$$

Then  $(a) D_t v(t, x) = \zeta(t, x) \quad \forall (t, x) \in \bar{G}$ ,  $(b) v \in \tilde{C}_*^\infty(\bar{G})$ . Hence we have

$$(w, L_1^* v)_0 = (f_1, v)_0, \tag{4}$$

where

$$L_1^* v = D_t^4 \{k_4(t, x)v\} - D_t^3 \{[k_3(t, x) + D_t k_4(t, x)]v\} + D_t^2 \{[D_t k_3(t, x)]v\} - Nv - \sum_{|\alpha|=|\beta|=2} D_x^\alpha [a^{\alpha\beta}(x) D_x^\beta D_t v]$$

Integrating by parts, we find

$$\begin{aligned} (f_1, v)_0 &= (D_t \{f - [c(t, x) - C]u - Nu - k_1(t, x)D_t u - k_2(t, x)D_t^2 u\}, v)_0 \\ &= -(f - [c(t, x) - C]u - k_1(t, x)D_t u - k_2(t, x)D_t^2 u, D_t v)_0. \end{aligned} \tag{5}$$

Let  $\Phi(t, x) = \int_0^t w(\tau, x) d\tau + \frac{1}{1-\lambda} \int_0^T w(\tau, x) d\tau$ . Then  $\Phi \in W_{t,x}^{3,2}(G)$  and  $D_t \Phi(t, x) = w(t, x)$  in  $G$  and

from (4) and (5) we have

$$(D_t \Phi, L_1^* v)_0 = -(f - [c(t, x) - C]u - Nu - k_1(t, x)D_t u - k_2(t, x)D_t^2 u, D_t v)_0. \tag{6}$$

Integrating by parts to the left in the last equality, we obtain

$$\begin{aligned} (D_t \Phi, L_1^* v)_0 &= -(\Phi, D_t \{D_t^4 [k_4(t, x)v] - D_t^3 \{[k_3(t, x) + D_t k_4(t, x)]v\} + D_t^2 \{[D_t k_3(t, x)]v\} \\ &\quad - Nv - \sum_{|\alpha|=|\beta|=2} D_x^\alpha [a^{\alpha\beta}(x) D_x^\beta v]\}_0 = \\ &= -(\Phi, D_t^3 \{D_t^2 [k_4(t, x)v] - D_t [(D_t k_4(t, x) + k_3(t, x))v] + D_t k_3(t, x)v\} - \sum_{|\alpha|=|\beta|=2} D_x^\alpha [a^{\alpha\beta}(x) D_x^\beta D_t v] - ND_t v)_0 \\ &= -(\Phi, D_t^3 \{D_t^2 k_4(t, x)v + 2D_t k_4(t, x)D_t v(t, x) + k_4(t, x)D_t^2 v - D_t^2 k_4(t, x)v - D_t k_4(t, x)D_t v(t, x) \\ &\quad - D_t k_3(t, x)v - k_3(t, x)D_t v + D_t k_3(t, x)v\} - \sum_{|\alpha|=|\beta|=2} D_x^\alpha [a^{\alpha\beta}(x) D_x^\beta D_t v] - ND_t v)_0 \\ &= -(\Phi, D_t^3 \{D_t [k_4(t, x)\zeta] - k_3(t, x)\zeta\} - \sum_{|\alpha|=|\beta|=2} D_x^\alpha [a^{\alpha\beta}(x) D_x^\beta \zeta] - N\zeta)_0 \\ &= -(f - [c(t, x) - C]u - Nu - k_1(t, x)D_t u - k_2(t, x)D_t^2 u, \zeta)_0. \end{aligned} \tag{7}$$

where the last equality follows from (6).

Consider the operator

$$L_2 \psi = k_4(t, x)D_t^4 \psi + k_3(t, x)D_t^3 \psi - \sum_{|\alpha|=|\beta|=2} D_x^\alpha [a^{\alpha\beta}(t, x) D_x^\beta \psi] - N\psi.$$

and his formally adjoint

$$L_2^* \zeta = D_t^4 [k_4(t, x)\zeta] - D_t^3 [k_3(t, x)\zeta] - \sum_{|\alpha|=|\beta|=2} D_x^\alpha [a^{\alpha\beta}(x) D_x^\beta \zeta] - N\zeta.$$

Now from (7) we obtain

$$(\Phi, L_2^* \zeta)_0 = (f - [c(t, x) - C]u - Nu - k_1(t, x)D_t u - k_2(t, x)D_t^2 u, \zeta)_0.$$

Consequently,  $\Phi$  is a generalized solution of the problem

$$L_2 \psi = f - [c(t, x) - C]u - Nu - k_1(t, x)D_t u - k_2(t, x)D_t^2 u \quad \text{in } G, \quad (8)$$

$$D_x^\alpha \psi|_{\Gamma} = 0, \quad |\alpha| \leq 1, \quad (9)$$

$$D_t^j \psi(T, x) = \lambda D_t^j \psi(0, x), \quad j = \overline{0, 3}; \quad (10)$$

At the same time, since  $u$  is a generalized solution of Problem A, we have

$$(u, L^* \zeta)_0 = (f, \zeta)_0 \quad \forall \zeta \in \tilde{C}_*^\infty(\overline{G}),$$

and so

$$(u, L_2^* \zeta)_0 = (f - [c(t, x) - C]u - Nu - k_1(t, x)D_t u - k_2(t, x)D_t^2 u, \zeta)_0.$$

If we choose a sufficiently large constant  $N > 0$ , then it follows from the assumptions of the theorem that the problem (8)-(10) has a unique generalized solution in the class  $H_{t,x}^{3,2}(G)$ . Then  $\Phi = u$  almost everywhere in  $G$ . Consequently  $w = D_t u$  also almost everywhere in  $G$  and then  $D_t u \in W_{t,x}^{3,2}(G)$ .

But the equation  $Lu = f$  is satisfied in weak sense i.e. for each function  $\zeta \in C_0^\infty(G)$ , i.e. is valid the equality  $A(u, \zeta) = (f_2, \zeta)_0$ , where

$$A(u, \zeta) = \int_G \sum_{|\alpha|=|\beta|=2} a^{\alpha\beta}(x) D_x^\alpha u D_x^\beta \zeta dt dx, \quad f_2 = f - [c(t, x) - C]u - \sum_{j=1}^4 k_j(t, x) D_t^j u.$$

Then from Theorem 3 in [7] it follows that  $u \in W_{t,x}^{0,4}(G)$  and from the estimates for mixed derivatives (Theorem 10.2 in [8]) we conclude that  $u \in W_{t,x}^{4,4}(G)$ . From the equalities

$$D_t^j w(T, x) = \lambda D_t^j w(0, x), \quad j = \overline{0, 3}; \quad \text{almost everywhere in } D,$$

we have that

$$D_t^j u(T, x) = \lambda D_t^j u(0, x) = 0, \quad j = \overline{0, 4}; \quad \text{almost everywhere in } D.$$

The proof of the theorem for  $l=1$  is complete.

**The inductive step.** Suppose that the assumptions of the theorem are valid for  $l = l_0 + 1$ , where  $l_0 \geq 1$  is a given integer number and the theorem itself holds for  $l = l_0$ . Then the Problem A has a unique solution  $u \in W_{t,x}^{3+l_0, 3+l_0}(G)$  such that  $D_t^i u(T, x) = \lambda D_t^i u(0, x) = 0, i = \overline{0, 3+l_0}$ ; almost everywhere in  $D$ .

If  $f \in W_{t,x}^{1+l_0, 1+l_0}(G), u \in W_{t,x}^{3+l_0, 3+l_0}(G)$ , then  $f_1 \in W_{t,x}^{l_0, l_0}(G)$ . Now for the operator  $L_1$  and for the right hand  $f_1$  are valid all the assumptions of the theorem. Consequently the problem (1)-(3) has a unique solution  $w \in W_{t,x}^{3+l_0, 3+l_0}(G)$  such that  $D_t^i w(T, x) = \lambda D_t^i w(0, x) = 0, i = \overline{0, 3+l_0}$ ; almost everywhere in  $D$ .

But  $D_t u \equiv w$  almost everywhere in  $G$  and  $u \in W_{t,x}^{4+l_0, 0}(G), D_t^i u(T, x) = \lambda D_t^i u(0, x) = 0, i = \overline{0, 4+l_0}$ ; almost everywhere in  $D$ .

Integrating by parts in the identity (5) in [1] and transposing some terms to the right-hand side, we obtain

$$\int_G \sum_{|\alpha|=|\beta|=2} a^{\alpha\beta}(x) D_x^\alpha u D_x^\beta \zeta dt dx = (f - [c(t, x) - C]u - \sum_{j=1}^4 k_j(t, x) D_t^j u, \zeta)_0 \quad \forall \zeta \in \tilde{C}_*^\infty(\overline{G}).$$



Now from  $C_0^\infty(\overline{G}) \subset \widetilde{C}_*^\infty(\overline{G})$  and  $f \in W_{t,x}^{1+l_0, 1+l_0}(G)$  it follows that  $f_2 \in W_{t,x}^{0, l_0}(G)$ . Consequently from Theorem 3 in [7] it follows that  $u \in W_{t,x}^{0, 4+l_0}(G)$ . Finally the estimates for the mixed derivatives ( Theorem 10.2 in [8]) give that  $u \in W_{t,x}^{4+l_0, 4+l_0}(G)$ . The theorem is proved.

### 5. Classical solution

A cylindrical domain  $G$  of the considered form satisfies the weak b-horn condition for an arbitrary vector  $b = (b_0, b_1, b_2, \dots, b_n), b_i > 0, i = \overline{0, n}, b_1 = b_2 = \dots = b_n$ ; Now from Theorem 10.4 in [8] it follows that if

$$\frac{4}{3+l} + \frac{1}{2} \left( \frac{1}{3+l} + \frac{n}{3+l} \right) < 1 \tag{11}$$

then the derivatives  $D_t^i u, i = \overline{1, 4}; D_x^\alpha u, |\alpha| \leq 4$  of the generalized solution of Problem A are classical. The last inequality reduces to  $l > [(n+3)/2]$  (By [a] we denote the integer part of a number a.) and after integration by parts we conclude that the generalized solution of the problem (1)-(3) is a classical solution of this problem.

### 6. Example

Let  $D = \{(x_1, x_2) / x_1^2 + x_2^2 < 1\}, G = D \times (0, 1), f \in L_2(G)$ . Consider the problem

$$D_{x_1}^4 u + D_{x_2}^4 u - D_t^4 u + AD_t^3 u - Cu = f(t, x), \tag{12}$$

$$D_x^\alpha u|_\Gamma = 0, \quad |\alpha| \leq 1, \tag{13}$$

$$D_t^j u(1, x) = (1/2)D_t^j u(0, x), j = \overline{0, 3}; \tag{14}$$

where  $A = const > 0, C = const > 0, \lambda = 1/2, k_4(t, x) \equiv -1, k_3(t, x) \equiv A, k_{1,2}(t, x) \equiv 0, c(t, x) \equiv 0,$   
 $a^{\alpha\beta}(x) \equiv 1$  for  $\alpha = \beta = (2, 0), (0, 2)$  else  $a^{\alpha\beta}(x) \equiv 0$ .

The equation (12) is a fourth order hyperbolic equation in  $\overline{G}$ . If  $f \in W_{t,x}^{l,l}(G)$ , where  $l \geq 1$  is a parameter and the constants A,C are sufficiently large and  $D_t^i f(T, x) = (1/2)D_t^i f(0, x), i = \overline{0, l-1}$  almost everywhere in D, then the conditions of the above theorem are satisfied. Consequently the problem (12)-(14) has a unique solution  $u \in W_{t,x}^{3+l, 3+l}(G)$ . If we take  $l=3$  in condition (11), then the generalized solution of the last problem is classical.

Smoothness of the solutions of boundary value problem for some classes of fourth or higher-order equations are investigated in the papers [2-6]. The present research considers that case when the elliptic part of the differential operator depends on the spatial variables only. The problems, investigated in [5,6] are local and in the papers [2,3,4] – nonlocal. In all the considered cases are obtained sufficient conditions for existence and uniqueness of classical solutions.

## REFERENCES

1. **Paskalev G.P.** On a nonlocal boundary value problem for a class of fourth order equations of hyperbolic-parabolic type. *Journal of the Technical University at Plovdiv* “Fundamental Sciences and Applications”, Vol. 21, 2015.(*This edition*).
2. **Paskalev G.P.** Smooth and classical solution of nonlocal boundary value problem for a class of a higher-order partial differential equations., *Math. Balcanica (N.S.)* 15(2001), no.1-2, P.109-123.
3. **Paskalev G.P.** Sufficient conditions for the smoothness of the generalized solution of a nonlocal boundary value problem for a higher-order equation of mixed type., (Russ.), *Diff. Uravnenia*, Minsk, 2000, V. 36,no.6,P.886-893.
4. **Paskalev G.P.** Smooth solutions of a nonlocal BVP. *Journal of the Technical University at Plovdiv* “Fundamental Sciences and Applications”, V.13, 2006, P.31-36.
5. **Paskalev G.P.** Smoothness of the Solutions of Boundary Value Problem for a Class of Fourth-order Partial Differential Equations of Mixed Type. *Journal of the Technical University at Plovdiv* “Fundamental Sciences and Applications”, V.14, 2009, P.473-478.
6. **Paskalev G.P.** Smoothness of the Solutions to Local Boundary Value Problem for a Class of Higher-order Partial Differential Equations of Mixed Type. *Journal of the Technical University at Plovdiv* “Fundamental Sciences and Applications”, V.16, 2011, P.313-318.
7. **Fan Duck Chau** Boundary value problems for higher-order equations of mixed type in cylindrical domain. (Russ.), *Comptes Rendus de l'Academie bulgare*, 1981,Tome 34, No. 10, P.1339-1342.
8. **Besov O.V., V.P. Ilin, S.M. Nikolskij** Integral representations of functions and embedding theorems. (Russ.), Moskva, 1975.

Department of Mathematics, Physics and Chemistry  
Technical University – Sofia, Plovdiv Branch  
25, Tsanko Dyustabanov Str.  
4000 Plovdiv  
BULGARIA  
e-mail: [g.p.paskalev@abv.bg](mailto:g.p.paskalev@abv.bg)



© Journal of the Technical University – Sofia  
Plovdiv branch, Bulgaria  
“Fundamental Sciences and Applications” Vol. 21, 2015  
International Conference on Engineering, Technologies and Systems  
TECHSYS 2015  
BULGARIA

## УПРАВЛЕНСКА КУЛТУРА В МОЛДОВА: СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА ФАКТОРИТЕ, КОИТО ХАРАКТЕРИЗИРАТ И УПРАВЛЕНСКАТА КУЛТУРА В ДЪРВОДЕЛСКИЯ СЕКТОР В БЪЛГАРИЯ В ПЕРИОДА 2012-2014

АНТОНИЯ ЛАЗАРОВА

**Резюме:** Основната цел на този научен доклад е да представи основните фактори, които детерминират управленската култура в Молдова и кои от тези фактори са характерни за дърводелския сектор в България в периода 2012 – 2014. Във връзка с така дефинираната основна цел могат да бъдат поставени следните научни задачи:

1. Да се представят в организационните модели в Молдова основните характеристики при управление на персонал и при управление на процеси.
2. Изграждане на сравнителен модел на основните фактори, които детерминират управленската култура в Молдова и тези, характерни за дърводелския сектор в България в периода 2012-2014.

**Ключови думи:** организационни молдовски модели, организационни фактори; дърводелски сектор в България; сравнителен модел на управленска култура;

## MANAGEMENT CULTURE IN MOLDOVA: COMPARATIVE ANALYSIS OF FACTORS THAT CHARACTERIZE AND MANAGEMENT CULTURE WOODWORKING SECTOR IN BULGARIA IN THE PERIOD 2012-2014

ANTONIA LAZAROVA

**Abstract:** The main purpose of this scientific report is to present major factors which determinate managerial culture in Moldova and which of these factors typical for carpentry sector in Bulgaria in the period 2012-2014. In relation to the defined primary objective can be placed following scientific tasks:

1. To present organizational models in Moldova main characteristics in personnel management and process management.
2. Construction of a comparative model of the main factors which determinate managerial culture in Moldova and those characteristic of carpenter sector in Bulgaria in the period 2012-2014.

**Key words:** Moldavian organizational models, organizational factors; carpentry sector in Bulgaria; a comparative model of management culture;

В най – общ план може да се каже, че базата за стабилност на молдовските търговски дружества се изразява в оценка на възможностите, поставянето на ясни цели и тяхното изпълнение. От първостепенна важност да се осигури необходимият кадрови ресурс, който да отговаря за съответното обучение на персонала. Кой ще бъдат тези хора, кога ще започнат работа и в какъв формат ще се работи (с или без откъсване от работа) се определя от отдел „Човешки ресурси“. Разбира се, необходимо е да се изчислят разходите и да се планират инвестиции, което е логична задача на финансовия отдел. За осъществяване на пазарни проучвания и планиране на продажбите най-често отговаря търговския отдел на предприятието. Оказва се, че чрез стратегическото планиране се намалява риска за съответната компанията в Молдова.

### **1. Организационните модели в Молдова. Основни характеристики при управление на персонал и при управление на процеси**

За съжаление бизнес организациите от семейно – предприемачески тип нямат описани процеси за управление като документация и като реално случване в рамките на организацията, както и някои от процесите реално не съществуват, като масов пример за несъществуващи процеси и функции могат да се покажат липсата на поставяне на цели, стратегическо и тактическо планиране, контрол. Тези компании на практика са без вътрешни стандарти и регламенти. Всичко се случва спонтанно, най-често това е реакция на външната „околната среда“ на организацията. Нещо се е случило на съответния пазар, решението:отговорностите се променят в рамките на самата компания. Организационната структура на тези дружества доста често е неясна. Генералният директор може да се ангажира и с продажби и контрол на продукцията и с всякакви други дейности. Не е ясно разделение на правомощията и отговорностите в рамките на компанията, рядко и трудно се делегират права или,ако се делегират такива е на всеки за всякаква работа. Този модел възниква под влиянието на социално-културните фактори и традиции в Молдова. Мениджъри на тези дружества са по-фокусирани върху семейните ценности или ценностите на групата. Според Александър Русо „при тези дружества не е на функционалните задължения или професионална компетентност и лични качества са определящи, а най-важният фактор е нивото на доверие. И решенията, взети

въз основа на доверие. Най-често пазарното поведение на тези дружества не е базирано на хронологията на пазарните събития, не се интересуват от изследване на тенденциите, растежа и развитието на съответния пазар, не са склонни да се допитват до анализатори,по този начин на практика липсва планиране.“[1] Компанията не вижда дългосрочното си развитие и не се опитва да изгради визия за това как ще се развива в рамките на следващите години, което от една страна ги прави изключително мобилни, но съществуването им ги превръща в предприятия с висока степен на риск. Липсата на цели и целенасочени действия, свързани с конкретни планове води тези компании в неясна посока, в следствие, на което доста често се опитват да извършват едновременно различни дейности, докато не се фокусират вниманието си върху определени области или продукти,които да предлагат на пазара. Доста често наблюдавано явление е прекратяването на тяхната дейност като действащи предприятия на съответния пазар.

Официалността без цел е характерна за компаниите с пазарно - бюрократичен модел за управление,при които съществува ясна формализирана организационна структура, която е организирана на база на основния процес, характерен за съответното предприятие. Този основен процеси се актуализира на база на пазарната реалност, защото тези молдовски предприятия нямат стратегическите цели или ако имат такива, те са по-скоро формално разписани, а не рационални. Например, компаниите с пазарно - бюрократичен модел за управление имат отдел „Персонал“, но не и PR-отдел. Това на практика означава, че поддържат стриктни регистри за персонала, но липсва отдела, който е отговорен за реалното управление на човешките ресурси. Това са рационално ориентирани подразделения, отдели и участъци, които не са предназначени за постигане на целите на предприятието. На практика, малки компании на Молдова са изправени пред следната ситуация: служител в дружество, което участва във всичко, но той на практика го е напуснал. Дружеството, от своя стара, не може да намери заместник на напусналия си служител, губи финансови ресурси, никой от другите служители не заема мястото на напусналия. В компаниите с пазарно-бюрократичен модел на подобни неща се случват доста често.

От чуждестранните компании в Молдова се взаимства опита и се появяват компаниите, които имат и дъщерни дружества. Тези компании имат ясна разбираема структура, фокусирани



върху постигането на целите си, разбират нуждите на потребителите и провеждане на изследвания на динамиката на пазара. Те описват основните процеси и делегираните отговорности, като отделят основните процеси от дъщерните дружества. Налице е функционален подход като индустриален контрол на процесите, както и хора. Всички функции са описани, като възникват изхождайки от желанието за постигане на определена цел, което е много удобно. Новият служител е подготвен предварително, той е наясно с работата, която е нает да изпълнява и получава всички инструкции, изясняват му се всички функции, което поема и целите, които трябва да постигне. След като новият работник се запознае на практика с предстоящата му работа в съответната компания тя вече спокойно може да освободи от длъжност стария си служител, защото има кой реално да поеме неговите задължения. Такива компании са фокусирани само върху една дейност, и ангажирани в производството на даден продукт или услуга или категория на взаимозаменяеми продукти или услуги. Вярно е, разбира се, че при дъщерните дружества липсва стратегическо планиране, но те го получават от „предприятието-майка“. Този процес, за съжаление, не винаги е съзнателен и това е един от най-сериозните проблеми на тези организации.

**2. Изграждане на сравнителен модел на основните фактори, които детерминират управленската култура в Молдова и тези, характерни за дърводелския сектор в България в периода 2012 – 2014**

Изследването на пазара на дърводелски услуги е извършено в периода декември, 2012 година до април, 2014 година, като е ориентирано сезонно – лято и зима. Проучването обхваща както производители, така и търговци на дребно и клиенти им. Проведени са 134 структурирани интервюта и чрез случаен подбор без връщане са подбрани 77 производители, вносители на мебели и предлагащи дърводелски услуги. По отношение на потребителите отново чрез структурирано интервю са обхванати 567 лица, като след случаен подбор без връщане интервюираните респонденти са 258.[2]

*Таблица 1. Въпроси от структурирано интервю при случаен подбор без връщане при производители, вносители на мебели и предлагащи дърводелски услуги, бр. 77 респондента*

Въпроси от структурирано интервю при случаен подбор без връщане	Производители на мебели	Вносители на мебели	Дърводелци, %
1) Разбирате ли принципната разлика между основните и спомагателните процеси във Вашето производство? а) Категорично да, имам необходимото образование. б) Всички процеси са основни и важни; в) Това няма отношение към бизнеса. г) Не.	12,2 8,01 1,5 0,98	4,8 21,3 31,02 2,08	11,9 2,06 1,96 2,12
2) Познавате ли в по принцип процесите на управление във Вашата организация ? а) Да. б) Не.	19,01 5,42	42,05 18,11	12,00 3,41
3) Разбирате ли в процесите на управление във Вашата организация ? а) Да. б) Не.	17,27 14,08	25,09 35,01	7,44 1,11
4) Наясно ли сте кой взема решения в дружеството? а) Да. б) Не. в) Отчасти.	16,21 3,10 8,03	30,54 12,02 26,15	3,95 0 0
5) Склонни ли сте да разберете промяната на организационната структура заради постигането на конкретни цели на организацията? а) Да. б) Не. в) Отчасти.	18,89 10,11 3,08	10,16 23,20 5,9	8,66 5,29 14,71
6) Притежава ли способността Вашата организация да си поставя стратегическите цели и да изготвя			

план за постигането им?			
а) Да.	31,19	21,06	4,93
б) Не.	2,08	20,98	19,76
7) Познавате ли по принцип потребностите на пазара и външните фактори, които оказват влияние върху организацията Ви?			
а) Да.	19,33	24,16	17,88
б) Не.	2,74	3,18	1,90
в) Отчасти.	8,95	8,65	13,21
8) Разбирате ли потребностите на пазара и външните фактори, които оказват влияние върху организацията Ви?			
а) Да.	17,24	31,06	21,38
б) Не.	4,99	5,01	1,54
в) Отчасти.	10,01	2,77	6,00

*Забележка: Всички отговори на въпросите от този модул са направени на 100% за всеки въпрос.*

От таблица 1 става ясно, че в дърводелския сектор в България в периода на изследване за забелязва все по-отчетлива тенденция за принципни познания във връзка с организацията, които имат скромни връзки с реално приложими действия от страна на персонала и мениджмънта на същата. Образованието и опита придобит в средно училище по дървообработване се счита от интервюираните лица за достатъчен аргумент за знания, свързани с основните и спомагателните процеси в самото производство, но и крайно недостатъчни се оказват, когато говорим за организация. Изключително притеснителна е липсата на яснота при интервюираните вносители на мебели, че те не са наясно кое е лицето, което взема решенията в организацията, към която принадлежат. Изключение, разбира се правят дърводелците, защото те сами вземат решения или съвместно с някой от семейството им. От друга страна не е изненадващ факт, че са толкова близки процентите съотношения на отговорите при производители, вносители на мебели и предлагащи дърводелски услуги свързани с промяната на организационната структура на организацията, за да се постигне определена цел. Това се дължи основно на две обстоятелства: От една страна дърводелците смятат, че не е необходимо да променят каквото и да е, защото и така са достатъчно мобилни и не виждат смисъл от такава според тях "драстична промяна", за цел, която може и да не се сбъдне. От друга страна, обаче при

вносителите на мебели и производителите им тези отговори свидетелстват за един своеобразен страх дали няма да останат без работа заради подобни промени на организационната структура. По отношение на изготвянето на стратегически план прави впечатление, че единствено производителите биха се наели с подобна отговорност, като същевременно в лични интервюта съобщават, че го правят основно с „рекламна цел“ и „смъкване на субсидии“. Несигурността на българския пазар на мебели и дърводелски услуги в периода 2012-2014 година кара както вносителите на мебели, така и дърводелците внимателно да подхождат към бъдещите си планове и да свиват своя организационен хоризонт. Оказва се, че в дърводелския сектор в България в периода 2012-2014 всички интервюирани твърдят, че познават и разбират потребностите на пазара и външни фактори, които оказват влияние върху организацията им.

Ето защо при изграждането на структурата на сравнителния модел на основните фактори, които детерминират управленската култура в Молдова и тези, характерни за дърводелския сектор в България в периода 2012-2014 получените данни от изследването са вплетени така, че да може да се направи по-нататъшен анализ на приликите и разликите при управленските фактори.

**Таблица 2. Сравнителен анализ на основните фактори на управленска култура**

Основни фактори на управленската култура	Молдова	Дърводелския сектор в България в периода 2012-2014.
1) Познаване и разбиране на основните и спомагателни процеси в рамките на компанията.	Характерно само за чуждестранните компании в Молдова.	Характерно за големите мебелни предприятия - производители и дърводелците.
2) Познаване и разбиране на процесите на управление, а именно процесите на планиране, организация и мотивация на управление, контрол, комуникации, и вземане на решения в дружеството.	Характерно за компаниите с пазарно - бюрократичен модел и чуждестранните компании в Молдова.	Характерно за всички на пазара на дърводелски услуги .

3) Познаване и разбиране на организационната структура по отношение на конкретни цели.	Характерно за компаниите с пазарно - бюрократичен модел и чуждестранните компании в Молдова.	Характерно само за големите мебелни предприятия – производители.
4) Способност да постави стратегическите цели и план за постигането им.	Характерно само за чуждестранните компании в Молдова.	Характерно само за големите мебелни предприятия – производители.
5) Познаване и разбиране на потребностите на пазара и външни фактори, които оказват влияние върху организацията.	Характерно за всички типове.	

От таблица 2 става ясно, че познаване и разбиране на основните и спомагателни процеси в рамките на компанията, познаване и разбиране на организационната структура по отношение на конкретни цели и способността да постави стратегическите цели и план за постигането им са характерни само за чуждестранните компании в Молдова, както и за големите мебелни предприятия – производители в България. По всички други показатели имаме определени колизии.

### 3. Сравнителен модел на приложими лидерски стилове в Молдова и в дърводелския сектор в България в периода 2012 – 2014 година

Използвайки модела на Таненбаум и Шмидт може да се осъществи един добър сравнителен анализ на лидерските стилове приложими в молдовските бизнес организации и в дърводелския сектор в България в периода 2012 – 2014 година. Класическите курсове по мениджмънт, основи на управлението и т.н. в университетите дефинират три основни лидерски стила: демократичен, авторитарен и либерален, докато тук използвайки модела на Таненбаум и Шмидт изследваме доколко и в какво се различават автократичното и демократичното ръководство.

От чисто теоретична гледна точка демократичното и автократичното ръководство се различават само в едно - степента на упълномощаване с власт за вземане на решения.

В практико – приложен аспект това може да бъде представено чрез следния блок от въпроси в рамките на проведеното проучване в дърводелския сектор и дървопреработвателната промишленост в България в периода

2012 - 2014 година. Структурата на пазара на дърводелски и дървопреработвателни услуги в т.ч. и производство на мебели е съсредоточен в три изходни компонента от гледна точка на предлагането – вносители от чужбина, производители, малки производители с офиси - дърводелци. Въпросите са стандартизирани в рамките на проучването за всички негови респонденти, които предлагат дърводелски услуги, производство на мебели и т.н.

**Таблица 3: Лидерски стилове проучване в дърводелския сектор и дървопреработвателната промишленост в България в периода 2012 - 2014 година**

Лидерски стилове	Производители на мебели	Вносители на мебели	Дърводелци, %
1. Как са разпредели функциите между Вас и Вашите подчинени ? а) Ясно разпределени функции, всеки знае своите задължения.	29,4%	32,09 %	39,90%
б) Централизирано ръководство, тотален контрол над работния процес.	55,9%	57,03%	19,56%
в) Важното е работата да върви, а не кой управлява.	14,7 %	10,88%	40, 54%
2. Как контролирате дейността на подчинените си ? а) Винаги забелязвам добрите резултати и съответно лошите.	33,7%	45,90 %	40,7%
б) Строг контрол над извършената работа, за да съм доволен и аз, и те, и клиента.	60,53%	48%	46,53%
в) Оставям всичко в ръцете на работниците те знаят какво правят.	5,77%	6,11%	12,77%
3. Какви методи използвате, за да въздействате върху подчинените си? а) Често се обръщам към подчинените си за съвет и молба.	27,01%	13,84%	27,22%

б) Заповядвам и наставлявам, работата трябва да се върши, дори понякога повишавам тон.	46,89%	41,99%	39,89%
в) Винаги се стара да съм любезен и усмихнат, съобразявам се с мнението им.	26,01%	44,17%	32,89%

*Забележка: Всички отговори на въпросите от този модул са приравнени на 100% за всеки въпрос.*

На практика от таблица 3 става ясно, че няма изцяло действащ бюрократичен модел при производителите на мебели, при семейно – предприемаческия бизнес, обаче ситуацията изглежда малко по – различно. Изхождайки от разбирането, че в такъв тип организации работят близки роднини могат спокойно да бъдат обяснени колизиите на данните по отношение на лидерските стилове.

**Таблица 4:** Сравнителен модел на приложими лидерски стилове в Молдова и в дърводелския сектор в България в периода 2012 – 2014 година

Приложими лидерски стилове в Молдова	Производители на мебели	Вносители на мебели	Дърводелци, %
Лидери в семейно предприемачески тип организации			Демократичен стил
Предприятия фокусирани върху бюрократичен модел	Транзакционно лидерство	Транзакционно лидерство	
Търговски дружества с пазарно – бюрократичен модел на пазарна ориентация			Транзакционно лидерство

Транзакционно лидерство на база на пирамидата на Маслоу работи при хора, чиито нужди в долната половина на пирамидата (храна, безопасност, социални отношения) не са задоволени, което едва ли е изненада за някого в България и в Молдова.

На практика лидерското поведение като действие намира израз в степента на власт, използвана от ръководителя и степента на свобода, която могат да имат подчинените за вземане на решения. Видно е, че това е един тесен кръг от параметри, който пренебрегва много други потенциално важни лидерски

поведения в модела на Таненбаум и Шмидт, но пък той е приложим за сравнителен анализ между молдовските бизнес организации и пазара на дървопреработването и дърводелски услуги в периода 2012 – 2014 година в България.

#### 4. Изводи

Основните изводи от изследването могат да бъдат обобщени в следните две направления: В Молдова правенето на бизнес може да се раздели основно на „прозападен модел“ на организации и „просъветски тип“ организации, които оперират на едни и същи пазари, опитвайки се да привличат потребители, докато в България подобно многообразие няма. Това, разбира се, може да се обясни основно с различния интензитет на протичане на социално-икономическите и политическите процеси в двете страни. От друга страна между разбирането за пазара на дърводелски услуги и производство на мебели в периода 2012-2014 година, силно наподобява молдовския пазар, с разликите по отношение на съществуващата държавна собственост.

#### 5. Заключение

В заключение може да се каже, че е постигната основната цел на този научен доклад, а именно - да представи основните фактори, които детерминират управленската култура в Молдова и кои от тези фактори за характерни за дърводелския сектор в България в периода 2012 – 2014.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.mbcmw.com/bpccontactsandrich.htm>
2. Лазарова, А. Молдовският модел за правене на бизнес в български условия. Изследване и сегментация на пазара на дърводелски услуги в България в периода 2012-2014 година., *Национален военен университет „Васил Левски“ – гр. Велико Търново*, ISSN 1314-1937,

Контакти Антония Лазарова”  
 Адрес: гр. Пловдив, 4000  
 ЕКИУ  
 ул. „Задруга“ 18  
 E-mail: toni\_23\_bg@yahoo.com





## ВРЕМЕТО – КЛЮЧОВ РЕСУРС НА ЕФЕКТИВНИЯ МЕНИДЖЪР

НЕЛИ НИКОЛОВА

*Резюме:* В статията се разглежда целенасоченото използване на подходи и инструменти, които помагат на мениджърите да работят и организират своите екипи, така че оптимално и рационално да използват ресурса «време» в трудовото си ежедневие. Формулирането на точни приоритети и тяхното правилно ранжиране във времето определя качеството на трудовия живот във всяка организация. Направеният анализ въз основа на получените резултати дава ценна информация за проблемните зони, нуждаещи се от оптимизиране в работата на съвременния мениджър.

*Ключови думи:* управление на времето, приоритетно планиране, оптимизиране, ефективност

## THE TIME – A KEY RESOURCE FOR THE EFFECTIVE MANAGER

NELI NIKOLOVA

*Abstract:* The article examines the targeted use of approaches and tools that help managers work and organize their teams, so that they can use the resource "time" in an optimal and rational way. The formulation of specific priorities and their proper ranking in time determines the quality of working life in each organization. The analysis based on the obtained results gives valuable information on problem areas in need of optimizing the work of the modern manager.

*Key words:* time management, priority planning, optimization, efficiency

### 1. Въведение

Съвременните организации функционират в динамично време, което изисква от техните ръководители да оптимизират максимално управляваните процеси и да снижават непрекъснато разходите. В условията на криза това се постига чрез намаляване броя на служителите и работниците, а от останалите обикновено се изисква да поемат по-голяма част от работата като по-добре се уплътнява работното им време.

От друга страна нараства броят на задачите, които мениджърите трябва да изпълняват във всеки един момент. Натрупването на отговорности води до момент,

когато и най-успешният ръководител не успява да свърши всичко. В подобни ситуации му е необходимо да притежава важното умение – за управление на времето. На практика делегирането на задачи и пълномощия е един от най-ефективните начини да си освободи времето за най-важните задачи. Освен него в настоящата статия са разгледани и други подходи за ефективно управление и използване на този ключов ресурс.

### 2. Управление на времето – същност и значение

Времето е най-ценният и същевременно най-ограниченият ресурс, който никога не може

да се складира на сигурно място, за да бъде използван повторно. Нерационално изразходваното време не може да бъде компенсирано. Не можем да го наемем или купим, но можем да го използваме максимално ефективно. Хора, които могат да организират, планират и управляват своето време, са много по-успешни и по-удовлетворени от своята работа. Начинът, по който мениджърите използват този ценен ресурс, определя значението му за продуктивността на хората и ефективността на организациите, в които работят. Доброто управление и разпределение на времето създава и по-голяма положителна промяна.

Организирането на ключовия ресурс «време» трябва да се възприема като синоним на самоорганизиране и дисциплина от всички. Управлението на времето означава целенасочено използване на подходи, които помагат на мениджърите да работят и организират себе си и другите, така че оптимално да използват времето, което имат на разположение. То е способността за вземане на решения относно поредността на изпълнение на цели и задачи съобразно тяхната значимост.

Ключовият ресурс «време», с което разполага всяка една организация, може да бъде представен чрез т.нар. закон на времето [4]:

$ОРВ = \text{цел} \times (\text{начин на работа} + \text{енергия}) - \text{смущения}$ ,

където: ОРВ – организирано работно време е всяко явление или процес в жизнената дейност на дадено лице или организация. То зависи от:

- целта на извършваната работа, която трябва да е ясно и точно формулирана;

- структурата и състава на конкретните специфични дейности, включително техните вътрешни и външни компоненти, използвани методи и технологии на работа;

- енергията означава всички разходи, усилия и пари, с обективен и субективен характер, които позволяват ефективно да се използват за реализиране начина на работа;

- смущенията включват вътрешните или външни пречки, които затрудняват работата или правят невъзможно постигането на целта.

По този начин, за да се оптимизира времето ("ускори", "забави" или "нормализира") може да се манипулират един от четирите (или няколко наведнъж) компоненти, участващи във формулата. По принцип извършването на всяка работа без достатъчно налична енергия не е възможно. От друга страна използването на нови технологии спестява на човек значителни

усилия и енергия. Могат да се разграничат няколко от най-традиционните форми на енергия, важни за навременното изпълнение на работата:

- механическа енергия на използваните машини и инструменти;

- електрическа енергия (мощност) на автомати;

- физическа енергия на хората (здравен статус, мускулна сила);

- психическа енергия на работещите;

- психосоциална енергия на групата, колектива (трудов ентузиазъм, сплотеност, взаимопомощ, благоприятен социално-психологически микроклимат

- социална енергия (изградени връзки и взаимоотношения в организацията по време на работа);

Факторите (смущенията), които затрудняват организирането на времето са:

▪ кратки срокове;

▪ липса на ясни приоритети;

▪ непълна картина на текущите проблеми и начините за решаването им;

▪ непланирани посетители;

▪ невъзможност да се каже "не";

▪ продължителни срещи;

▪ телефонни разговори;

▪ електронна поща;

▪ кореспонденция;

▪ взаимодействие между йерархичните нива;

▪ вътрешни и външни комуникации;

▪ обработка и работа с документи;

▪ възникване на извънредни ситуации;

▪ конфликти;

▪ разточителни почивки;

▪ нерегламентирани прекъсвания;

▪ лоши навици;

▪ липса на самодисциплина;

▪ спешни задачи;

▪ липса на координация;

▪ безпорядък на работното място;

▪ излишна „бумащина“;

▪ недостатъчна нагласа и мотивация;

▪ неумение да се делегират отговорности;

▪ отлагане изпълнението на трудни задачи;

▪ отделяне на прекалено внимание върху подробности;

▪ прекомерна общителност;

▪ персонална дезорганизация и мързел;

▪ промяна на приоритетите;

▪ нарушен баланс между личен и трудов живот;

▪ чувство на стрес и умора.

Умението за ефективно управление на времето и приоритетите дава възможност за проактивност и по-целенасочени усилия за постигане на резултати.

Ползите от рационалното използване на времето се изразяват в:

- повишена удовлетвореност от извършваната работа;
- понижаване на безпокойството, напрежението и стреса;
- добро здраве, самочувствие и високо равнище на енергия;
- позитивни междуличностни връзки;
- нарастваща производителност;
- изграждане на самодисциплина;
- повече свободно време;
- хармонични отношения в семейството и колектива;
- оптимизиране на решенията;
- фокусиране върху основните задачи и по-бързото им реализиране.

▪ Недостигът на време е симптом на лошо планиране, разпределение и е основната причина, която прави хората нервни, напрегнати, изморени, непълноценни и неефективни.

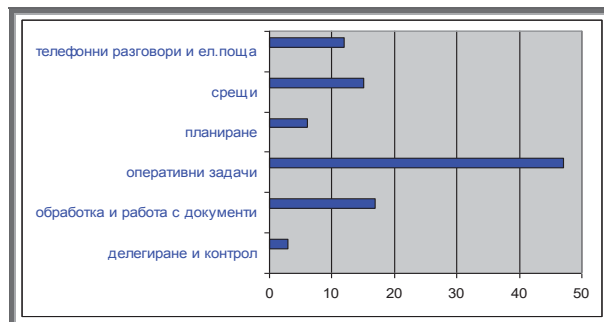
### 3. Подходи за ефективно управление на времето

Първата стъпка към по-доброто организиране на мениджърското време е неговото идентифициране. За целта бе разработена и проведена анкета с линейни и функционални ръководители на звена в две групи организации: бюджетни и фирмени в сферата на услугите и производството. Направеният анализ въз основа на получените резултати дава ценна информация за проблемните зони, нуждаещи се от оптимизиране.

Анкетният лист съдържа 20 отворени и затворени въпроси, повечето от които изискват лаконични отговори. Част от въпросите се отнасят до възможностите на мениджърите да концентрират дейността и енергията си; разглеждат начина, по който структурират работния си ден спрямо постигане на желани резултати. Друга част разкриват управленския подход при сътрудничество и комуникация с хората в организацията. Въпроси от трета група показват как се справят ръководителите при възникване на ситуации, които объркват плановете им и могат да намалят очакваната производителност, а също и как придвижват фирмената документация и информационния поток – дали се справят бързо или отлагат за

следващ времеви период, оставяйки хартиените носители да се натрупат.

След обработка на събраната анкетна информация се формира обща картина на разпределение на времето между разнообразните ежедневни задачи (фиг.1):



Фиг.1. Разпределение на работното мениджърско време за деня

Основен подход за ефективно разпределение на времето на сътрудниците е ясното определяне на целите. Когато ръководителят не е обяснил добре задачата, предстояща за изпълнение от негов подчинен, рискува тя да бъде извършена некачествено. В тази ситуация времето е безвъзвратно загубено. За да се избегнат подобни случаи, експертите препоръчват известната и ефективна SMART методология за определяне на целите – т.е. да се поставят:

- specific (конкретни);
- measurable (измерими);
- achievable (достижими);
- realistic (реалистични);
- timebound (определени във времето цели).

Много от анкетираните висши мениджъри подчертават необходимостта от оптимизиране на работата с големия обем електронни съобщения. Те посочват електронната поща като най-подходящ канал, когато събеседникът се намира в друга часова зона или при необходимост да бъде фиксирано писмено някакво споразумение. За тях най-бързият и ефективен начин за комуникация в случаите на проблем, оплаквания или друга сложна ситуация, е личната среща. На следващите места поставят телефонните разговори, видеоконференциите и на последно място - електронната поща.

Голяма част от фирмените топмениджъри споделят, че изпитват недостиг на време, позволявайки на линейни и функционални ръководители да ги прекъсват, докато работят. Това са най-често спешни запитвания, които според подчинените им не

търпят отлагане. В подобни случаи висшите мениджъри се нагърбват с управленски задачи, които могат да бъдат разрешени от преките началници на съответните звена. Друг времеядец са телефонните разговори и непланираните срещи, особено когато управляващият има да върши важна работа. В такива моменти се налага отлагането или отклоняването им към ресорни ръководители от сътрудника.

В някои от посетените фирми ръководителите споделят за вътрешна договореност със служителите, изразяваща се по следния начин: при отворена врата на мениджърския кабинет тълкуването е, че ръководителят може да бъде посещаван; когато вратата е затворена - "безпокойството е нежелателно", а при притворено положение - "допустимо е да го притесняват при спешни случаи".

Формулирането на точни приоритети и тяхното правилно ранжиране във времето (от значимите към по-маловажните) определя качеството на трудовия живот във всяка организация. Принципът за приоритетно планиране и концентрирането върху ключовите резултати е фундаментът на управлението на времето. В помощ на мениджъра може да бъде т.нар. матрица на приоритетите [1]. Тя е аналитичен инструмент за класифициране на приоритетите със сходна значимост. Спомага да се преосмислят и изяснят отговорностите, с които управляващите ангажират внимание и време. Този инструмент може да бъде полезен, когато трябва:

- да се управляват един или повече проекти;
- да се постигат нови цели или адаптират към нови изисквания;
- да вземат решение относно избора на най-важния приоритет за момента;
- да се работи интензивно и ускорено за спазване на важни крайни срокове.

В първата колона на матрицата се записват задачите и проектите, за които отговаря съответен сътрудник. В колона 2 се определя степента на спешност с оценка от 1 до 5 (1=най-малка спешност; 5=най-спешно). В колона 3 се определя степента на важност на задачата с оценка от 1 до 5 (1=най-маловажна; 5=най-важна). Умножава се по 2 и се записва резултата. За да се получи тежестта за всяка задача (колона 4), се прибавя цифрата от колона «Спешност» към резултата от колона «Важност». В колона 5 се степенуват задачите според тяхната тежест като се определя 1 за

задачата с най-голяма тежест. Степенуването показва реда на приоритетите.

*Таблица 1. Примерна матрица на приоритети*

Задача/ Приоритет	Спеш- ност	Важ- ност	Тежест	Сте- пен
Преглед на отчет за продажбите	3	3x2=6	3+6=9	3
Обсъждане на нова рекламна идея	2	2x2=4	2+4=6	4
Инструктаж по безопасност на труда	4	4x2=8	4+8=12	2
Отстраняване на софтуерен проблем	5	5x2=10	5+10=15	1

Всяка от задачите се оценява в зависимост от приноса ѝ за организацията и ролята ѝ при реализиране на целите. Ранжирането на задачите може да бъде променяно, ако е необходимо в процеса на работа. Обикновено практическият опит на мениджърите показва, че се дава приоритет на задълженията, от които се очаква пряк ефект в най-кратък срок. Самите те споделят, че хората им са по-ефективни, когато успяват да преподреждат приоритетите си и бързо и често. Оптималното решение в ситуации на натовареност и кратки срокове е ръководителят да делегира задачи и отговорности на сътрудник. За целта задължително му се предоставя цялата необходима информация, съпътстващите я разяснения, за да може изпълнението да отговаря на мениджърските очаквания.

Голям процент от анкетираните ръководители са посочили, че много често възлагат за изпълнение на сътрудниците си спешни, но не особено съществени неща, а в същото време не отделят достатъчно внимание на по-малко срочни, но по-важни задачи. По този начин, отлагайки ги във времето, настъпва моментът, в който стават не само изключително важни, но и спешни. От друга страна сложните и трудоемки проекти изискват да бъдат разделени на малки задачи и да се реализират ежедневно една по една. Отлаганията и закъсненията са



сред най-сериозните причини за загуби в съвременния бизнес.

Немалка част от линейните и функционални мениджъри твърдят, че е по-бързо сами да свършат дадена работа, отколкото да губят време в инструктиране на служител, който да я изпълни. В ежедневието на всеки ръководител винаги възникват спешни задачи, които могат да нарушат част от заплануваните дейности за деня. В подобни случаи добрите тайммениджъри спестяват значително време и получават оптимални резултати, когато разпределят дейностите, активно организират начина на извършването им и автоматизират нещата. Важен момент в процеса на делегиране остават наблюдението, проверката и контролът. Главна цел на всеки фирмен ръководител е да намери подходящ механизъм за усъвършенстване на координацията между отделните звена и съответно техните мениджъри. За по-добра организация на времето се изисква от всеки ръководител да мисли изпреварващо, без да се разстройват планираните текущи дейности за деня. Предвиждането на евентуални проблеми и добре обмислените стратегически действия могат значително да оптимизират работата за известен период. Своевременното справяне с внезапно възникващи критични и кризисни ситуации спестява време. Полезен инструмент се оказва графикът на времето, който представлява схема на дейностите за определен бъдещ период (например за една работна седмица) и разпределение на времето за всяка една от тях. Той помага в случаите, когато мениджърът често е прекъсван, не финализира задачите си в срок или не успява да координира всички важни проекти. Степента на приоритета на включените дейности може да се определи в следната последователност:

1 = спешна

2 = важна

3 = рутинна (за непосредствено изпълнение)

4 = НДИ (нуждаещи се от допълнителна информация)

5 = за прочит

След приключване на седмицата е желателно графикът да се анализира подробно, да се добавят коментари към него, да се установят причините за неизпълнение или закъснение на поставени приоритети, да се изчисли отделеното време за извършване на дейностите, да се прецени кои от тях могат да бъдат делегирани занапред, да се предвиди допълнително време за по-трудоемки задачи и

да се открият повтарящи се ситуации, за да се спести време в бъдеще.

Друг полезен инструмент за планиране е електронният календар. С помощта му всички срещи се обвързват с назначеното за тях време и отпада грижата да се следи за прекриването им. Днес, практически всички системи за електронна поща поддържат и групови календари, които предоставят много удобства – например, с тяхна помощ може да се провери дали даден сътрудник е достъпен в определено време и т.н. [2]. Много ИТ ръководители споделят, че културата на използването на електронни календари допринася съществено за по-ефективното управление на времето в техните организации.

Болшинството от анкетираните мениджъри в бюджетни организации посочват пресрочване на времето, планирано за провеждане на заседания, срещи и събрания. В резултат на това присъстващите служители стават раздразнителни, нервни и резервирани към вземаните решения. За да бъде преодолян подобен проблем, в началото на всяко заседание трябва да се определя тайммениджър, който да следи за времето на изказвания и крайния час на закриването му. По този начин срещите ще протичат делово, а участниците ще бъдат мотивирани, активни и премерени в изказванията си. От друга страна началото на провеждането им, трябва да се насрочва в часове от деня, когато хората се чувстват най-енергични и работоспособни, за да протичат ефективно.

Топмениджърите споделят за наличието на огромна циркулираща и ненужна документация, за чието ежедневно преглеждане губят значително време. Добре организирани ръководители възлагат голям брой рутинни писма на сътрудниците си да запишат в текстов редактор и ги използват, когато е възможно. По-важните документи съхраняват в картотека, а на онези с краткосрочна давност поставят индикация с дата или указват период за тяхното рециклиране (унищожаване). Оказва се, че много често се дублира информация не само в електронен вид, но и на хартиени носители в различни отдели на организацията. Натрупването ѝ изисква отново време за периодично преподреждане и отстраняване на ненужното.

Най-важният фактор за добрата организация на времето имат и срещите с работещите фирмени служители. Техниката *MBWA (management by walking about – управление сред хората)* е добила популярност от книгата „В търсене на съвършенство” на

Томас Петерс и Роберт Уатерман в множество западни фирми. Тя разкрива необходимостта от висше управление, поддържащо директна персонална връзка с човешките ресурси във всички организационни звена. Прекият контакт с хората и дискутирането на място с тях по настоящи проблеми, спестява време на топмениджъра от специално насрочени срещи за разговори. Тази техника е препоръчителна за българските ръководители, защото усъвършенства значително комуникацията. Тя позволява на управляващите да се запознаят с проблемите лично и вземат оптимални решения, допитвайки се до мнението на своите подчинени. От своя страна работещите се чувстват по-съпричастни и мотивирани при изпълнение на взетото обективно решение.

### **Заклучение**

Ефективното управление на времето осигурява оптимални резултати в работата на организационно ниво, а в индивидуален план човек се чувства физически, психически и социално по-здрав, по-енергичен и активен. Всеки мениджър има своеобразен подход на управление и действие, но основната техника за работа е определянето на рационален дневен ред, природосъобразен с човешката продуктивност. Разпределението на ценния и

ключов ресурс „време“ по приоритети позволява избягването на конфликти както на работното място, така и в семейството. Доброто организиране на времето се превръща в катализатор на нови идеи, усъвършенства взаимоотношенията, изгражда самодисциплина, предизвиква положителни промени, подобрява ефективността и живота ни.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Управление на приоритети и време \_ ENTERPRISE.htm Magazine 2012 [онлайн] [www.enterprise.bg](http://www.enterprise.bg)

2. Управление на времето – на какво ни учат опитът и здравият разум \_ СЮ България.htm, *IT мениджмънт*, бр.5, 2012.

3. Форсайт, Патрик. *Започнете с най-важното/Организиране на времето*. София: ИнфоДАР ЕООД, 2000, ISBN 954-8485-87-7.

4. Калинин, С.И. *Тайм-менеджмент. Практикум по управлению временем*. Санкт-Петербург: Речь, 2006. 371 с. ISBN 5-9268-0424-8.

Адрес: e-mail: [nik\\_nel@abv.bg](mailto:nik_nel@abv.bg)



## ЕВРОПЕЙСКИТЕ ФОНДОВЕ - СРЕДСТВО ЗА ПОДКРЕПА НА ЛОЗАРИТЕ И ВИНОПРОИЗВОДИТЕЛИТЕ В БЪЛГАРИЯ

АТАНАС ФИЛИПОВ ТОТЛЯКОВ

*Резюме:* Направен е кратък преглед на Националната програма за подпомагане на лозаро-винарския сектор на България и методите за финансиране на сектора. На тази основа е разгледано състоянието и проблемите по прилагане на мярката „Преструктуриране и конверсия на винени лозя”. Очертани са целите които трябва да бъдат постигнати спрямо използването на мярката.

*Ключови думи:* Винопроизводители, мярка, национална програма, лозари.

## EUROPEAN FUNDS - IN SUPPORT OF WINE-GROWERS AND WINEMAKERS IN BULGARIA

ATANAS FILIPOV TOTLYAKOV

*Abstract:* This is short review of the National Programme for support of the wine sector in Bulgaria and methods of finance in the sector. On this basis, are discussed the situation and problems in implementing of the measure „Restructuring and conversion of vineyards”. The targets, that have to be achieved are described and are analyzed by use of the measure.

*Key words:* Winemakers, Measure, National Program, Wine-growers.

### 1. Увод

Лозарството е традиционен и важен отрасъл на икономиката на България и заедно с винопроизводството, притежават сериозен експортен потенциал. Традициите, съчетани с благоприятните природни условия за отглеждането на лозя, утвърждават сектора на международните пазари.

Преструктурирането на икономиката в последните две десетилетия предизвикват поредица от промени в протичането на икономическите процеси в аграрния сектор, както и в лозарството и винарството в частност..

Въпреки силните предпоставки за развитието на сектора, пред винопроизводството стоят редица проблеми и предизвикателства. Сред тези предизвикателства са повишаване на конкурентоспособността на производителите на винено грозде, възстановяване на равновесието между търсенето и предлагането на пазара на вино. Преструктурирането на лозаро-винарския сектор е ключов елемент за постигане на визията и стратегическите цели. Само чрез изграждането на съвременна структура на сектора може да се увеличи влиянието върху пазара и да се осигури ефективно използване на ресурсите.

**Целта** на настоящата работа е да покажат методите, чрез които се предоставя финансова помощ на винопроизводителите и лозарите посредством европейските фондове. На тази основа е разгледано състоянието и проблемите по прилагане на мярката „Преструктуриране и конверсия на винени лозя”

## **2. Същност на Националната програма за подпомагане на лозаро-винарския сектор на България**

Националната програма за подпомагане на лозаро-винарския сектор на България за винарските 2014-2018 години се представя на Европейската Комисия в съответствие с Раздел IVб от Регламент (ЕО) № 1234/2007 на Съвета от 22 октомври 2007 г. за установяване на обща организация на селскостопанските пазари и относно специфични разпоредби за някои земеделски продукти ("Общ регламент за ООП") (ОВ, L 299/1 от 16 ноември 2007 г.) и във връзка с чл. 2 от Регламент (ЕО) № 555/2008 на Комисията от 27 юни 2008 г. относно определяне на подробни правила за прилагане на Регламент (ЕО) № 479/2008 на Съвета относно общата организация на пазара на вино по отношение на програмите за подпомагане, търговията с трети страни, производствения потенциал и проверките в лозаро-винарския сектор (ОВ, L 170/1 от 30 юни 2008г.). Програмата за подпомагане е разработена съвместно с междупрофесионалните организации в лозаро-винарския сектор в България и с Държавен фонд „Земеделие” чрез консултации в Изпълнителна агенция по лозата и виното – официалния контролен орган на министъра на земеделието и храните и администратор на мерките за подпомагане в сектора, съгласно разпоредбите на Закона за виното и спиртните напитки (Обн., ДВ, бр. 45 от 15.06.2012 г., в сила от 16.09.2012 г.). Проведените консултации отчитат изключителната подкрепа за лозаро-винарския сектор за периода 2009 – 2013 г. в областта на „Преструктурирането и конверсията на винени лозя” и слабия интерес към останалите мерки за подпомагане. Програмата трябва да бъде продължена за следващия период, като бъдат включени и нови мерки за подпомагане. В първия програмен период 2009 – 2013 г. мярката „Инвестиции” не беше включена в Националната програма за подпомагане на лозаро-винарския сектор поради алтернативата за подпомагане по Програмата за развитие на селските райони, по-високия финансов ресурс и възможности за изграждане, придобиване и модернизация на сгради и други недвижими

активи необходими за производство; закупуване и инсталиране на нови машини, оборудване и съоръжения за подобряване на производствения процес; закупуване на транспортни средства необходими за производството и реализацията на продукцията; изграждане или модернизиране на лаборатории; закупуване на земя, необходима за производствената дейност; изграждане на системи за управление на качеството. Проведените консултации отчитат трудния достъп на винопроизводителите до бързо финансиране на някои инвестиции поради достъпа до мярката на всякакъв тип предприятия от хранително-вкусовата промишленост, преработващи селскостопански и горски продукти, като млекопреработвателните, месопреработвателните, мелничарските, винарските, преработващите технически и маслодайни култури, произвеждащите брикети и пелети предприятия и други, както и ограничения период за подпомагане. За да се поддържа определената рамка трябва да бъде направено разграничение между Националната програма и Програмата за развитие на селските райони, с цел подпомагане на лозаро-винарския сектор, предвид неговото икономическо значение за земеделието в България. [2]

## **3. Преглед на мярката „Преструктуриране и конверсия на винени лозя”**

Основна мярка на Програмата е мярка “Преструктуриране и конверсия на винени лозя”, по която започна смяна на сортовия състав на насаждението чрез присаждане със сортове, класифицирани за съответните лозарски райони на страната; Презасаждане с или без промяна на местонахождението на лозята (преструктуриране на лозята), с или без смяна на сорта с възможност за увеличаване на броя на лозите в хектар и/или смяна на формировката с или без смяна на подпорната конструкция.

Подобряване на методите и технологиите за управление на лозарското стопанство се осъществява чрез:

- увеличаване броя на лозите в хектар;
- смяна на формировката със или без смяна на подпорната конструкция;
- изграждане на съоръжения за защита от щети, нанасяни от диви животни и птици;
- изграждане на противоерозионни съоръжения;



- изграждане на хидромелиоративни съоръжения - система за капково напояване;
- изграждане на тераси;
- реконструкция на съществуващи тераси.

Финансовата помощ по тази мярка е 75 % от инвестицията за конверсия, презасаждане на лозовите насаждения, увеличаване на броя лози на хектар, смяна на формираните и изграждане на хидромелиоративни съоръжения. До 50 % се подпомагат инвестициите за изграждане на тераси и реконструкция на съществуващи терени и до 30 % се подкрепят инвестиции за изграждане на съоръжения за защита от щети, нанасяни от диви животни и птици и противоерозионни съоръжения. Последното финансиране е възможно да се направи за авансово или след определен етап от инвестиционния проект, или след реализацията му. [1]

Допустимите мерки, свързани с реструктурирането и конверсията на винени лозя се подпомагат само по Националната програма за подпомагане на лозаро-винарския сектор на Република България. Максималният срок на изпълнение на дейностите е до края на втората винарска година, следваща годината на сключване на договора за предоставяне на финансова помощ, сключен между одобрения кандидат и Държавен фонд „Земеделие“ (ДФЗ), която е компетентният орган за Република България.

Максималният размер на финансовата помощ е до 75 % от стойността на действителните разходи за изпълнение на всяка конкретно определена дейност на база определени пределни цени. Утвърдени са правила за точния обхват и размери на предоставяната помощ, включваща плащане на фиксирани суми, максимални нива за помощта на хектар и корекции на база обективни критерии. Въз основа на утвърдените правила са

формирани пределни цени на хектар за дейностите по мярка „Реструктуриране и конверсия на винени лозя“. При формиране на пределните цени българските власти са направили проучване чрез запитване до производители и компетентни държавни агенции и институти, които изготвиха анализи за ценовото равнище на отделните дейности по мярката. Финансовата помощ се изплаща след изпълнение на инвестицията или авансово. След приключване на дейностите и предоставяне на разходо-оправдателни документи (фактури) се извършват документални проверки и проверки на място, с които се гарантира, че извършените дейности по инвестицията отговарят на разходите, направени за тях и няма да бъде допусната свръхкомпенсация на бенефициента при изплащане на финансова помощ до 75 % от действително направените разходи. При предоставяне на фактури на стойност по-ниска от договорената, на бенефициента се изплаща финансова помощ в размер на процент от действително извършените разходи, но не повече от 75 %. При предоставяне на фактури на стойност надхвърляща договорената, на бенефициента се изплаща финансова помощ в размер на сумата по договора. Преразходът остава за негова сметка. Авансовите плащания са в размер до 80 % от договорената финансова помощ. Разликата се изплаща след изпълнение на инвестицията и извършване на документални проверки и проверки на място.

До настоящия момент по мярката са реструктурирани 1 820 ha за които е предоставена финансова помощ в размер на 22 916 457 €. По дейностите за подобряване на техниките за управление на лозята са подпомогнати 5 574 ha за които е предоставена финансова помощ в размер на 20 574 108 €. Общо по мярката са подпомогнати 7 394 ha със средно 5 882 €/ha. [2].

Възрастовата структура на лозята в България към настоящия момент е: Таблица 1

**Таблица 1. Възрастовата структура на лозята в България [3]**

Възрастова структура	Площи (ha)	% от общата площ
До 3 години	1 378,09	2,28
От 4 до 10 години	10 604,95	17,58
От 11 до 20 години	3 175,55	5,26
От 21 до 30 години	3 921,95	6,50
Над 31 години	41 247,46	68,37

Въз основа на данните от изминалия период се очаква, че в периода 2014 - 2018 г. подпомагането по мярката ще допринесе за повишаване на конкурентоспособността на производителите на винено грозде чрез Преструктуриране и конверсия на лозови насаждения на обща площ от 3 500 ha, от които: Таблица 2.

**Таблица 2. Преструктуриране и конверсия на лозови насаждения [3]**

Дейности	Площи (ha)
презасаждане след изкореняване	500
презасаждане без изкореняване	1367
засаждане с права от националния резерв	1633
Общо	3500

По дейностите за подобряване на техниките за управление на лозята ще бъдат подпомогнати над 5 500 ha: Таблица 3

#### 4. Заключение

Отделяният ресурс за мярката „Преструктуриране и конверсия на винени лозя“ в периода 2014 - 2018 г. е в размер на 80,81млн. Евро, които трябва да допринесат за приспособяване на производството на винено

грозде към търсенето на пазара, да повишат доходите на производителите, да запазят от обезлюдяване селските райони. Създаването на млади лозови насаждения ще допринесе за повишаване на интереса към производството на вина със защитено наименование на произход (ЗНП), вина със защитено географско указание и био-вино, като очакванията ни към края на периода производството на вина със ЗНП/ЗГУ да се повишат от 31 % до 50 % от общото производство на вино за България. Очакванията ни за производството на био-вина към края на периода е повишаване на производството им от 0,4 % от общото производство на вино за България към настоящия момент до минимум 2 %.

#### Литература:

1. Дойчинова Ю., Митева А., Кънчев И., Стоянова З. Устойчиво развитие на лозаро-винарския сектор в Южен Централен район
2. Национална програма за подпомагане на лозаро-винарския сектор на България за винарските 2014 – 2018 години
3. <http://www.dfz.bg/>

Контакти:

E-mail: [atanas\\_totlqkov@abv.bg](mailto:atanas_totlqkov@abv.bg)

София жк. Младост 3, бл.321Б ап.17

**Таблица 3. Дейностите за подобряване на техниките за управление на лозята [3]**

Дейности	Площи (ha)
Смяна на формирката със смяна на подпорната конструкция	15
Изграждане на подпорна конструкция на съществуващи лозови насаждения, включително новосъздадени	50
Смяна на подпорна конструкция на съществуващи лозови насаждения	620
Изграждане на противоерозионна агротехника (оттоко-задържащи или оттоко-отвеждащи бразди и/или колектори, затревени или не)	100
Изграждане на подземни колектори за дренаж (отводняване)	
Изграждане на шахти и канали за отводняване (изграждане, почистване и оформяне на изкопи за траншеи за дренажните тръби, полагане на дренажни тръби)	
Изграждане или реконструкция на тераси	4 715
Изграждане на хидромелиоративни съоръжения - системи за капково напояване	
ОБЩО	5 500



## СТРАТЕГИЧЕСКИ АСПЕКТИ НА ИНОВАЦИИТЕ В УПРАВЛЕНИЕТО НА ПРЕДПРИЯТИЯТА

КАТИНА ВЪЛЕВА

**Резюме:** През последните десетилетия стана все по-очевидно, че в много отрасли и дейности, иновациите се превръщат в движеща сила, която предопределя състоянието, конкурентоспособността и най-вече бъдещето не само на предприятията, но и на страните. Признаването на стратегическата важност на иновациите и отчитането на техния приоритет непрекъснато нараства на всички мениджърски равнища, особено в политиката на висшия мениджмънт. В тази връзка в доклада са разгледани някои проблеми, свързани с разкриването на стратегическите аспекти на иновациите и отчитането им при генерирането, оформянето и осъществяването на фирмената стратегия и политика.

**Ключови думи:** иновации, иновационна политика, иновационна стратегия

## STRATEGIC ASPECTS OF INNOVATIONS IN MANAGEMENT OF ENTERPRISES

KATINA VALEVA

**Abstract:** In recent decades it has become increasingly - evident that in many sectors and activities, innovation are driving force that determines the condition and competitiveness not only of companies but also of parties. Recognition of the strategic importance of innovation and their priority is growing all managerial levels, particularly senior management. In this regard, the report considers some problems related to the disclosure of the strategic aspects of innovation and their consideration in the generation, design and implementation of corporate strategy and policy.

**Key words:** innovation, , innovation policy, innovation strategy

### 1. Въведение

Средата, в която функционират съвременните бизнес организации ги поставя в непредвидима и ускорена турбулентност, която се характеризира с внезапни прояви на просперитет и спад, и с резки и неочаквани промени повишаващи риска от възникване на криза. Според Котлър и Каслионе [1] бизнес турбулентността се дефинира като непредвидими и бързопротичащи промени във външните и вътрешните условия на организациите, които оказват влияние върху дейността им като пораждаат последващ хаос и рискове, т.е средата, в която функционират

съвременните предприятия, се характеризира с динамика, промяна, нови роли и неопределеност. Не може да не се спомене известната мисъл на П. Дракър: „... единственото сигурно нещо в глобализацията се свят са промените”.

### 2. Изложение

Тези процеси и явления повдигат редица актуални проблеми, свързани с механизмите и практическите подходи в управление на предприятията и налагат необходимостта от по-бързо разпознаване и навременно реагиране на променящите се обстоятелства. При тези

условия управлението, основано на опита и интуицията, са неадекватни и малко резултатни. Печеливши са организациите и предприятията, които не изчакват промените, за да се адаптират към тях, а ги предвиждат и изпреварват, действат превантивно и дори предизвикват промени в желаната от тях посока, осигурявайки си сравнителни предимства на „подходящото място в подходящото време”. Жизнено важно както за оцеляването и съществуването, така и особено за растежа и развитието на предприятията става стратегическото управление на процесите, довеждащи до раждането на новото и на нововъведенията във всичките им аспекти (технически, технологични, икономически, човешки, социални и др.) по веригата на бизнеса, като се започне от създаването на идеята за иновация, мине се през нейната материализация и се завърши с пазарната реализация на готовия продукт. Този процес налага разработването и прилагането на нови умения, системи и подходи за разкриване, анализиране и реагиране на турболентността и породения от нея хаос. Крайната цел е създаване на чувствителни, силни и устойчиви бизнес организации, способни да оцеляват, успяват и преуспяват. Чувствителността се свързва със способност да се реагира бързо и навременно на външни фактори. Издръжливостта характеризира способността да понасят стресови ситуации, напрежение или промени в обстоятелствата, способност за справяне с непредвидени събития. Гъвкавата устойчивост определя способността за възстановяване на първоначалната форма и позиция след тяхното нарушаване.

Ефективното функциониране на предприятията налага провеждането на политика, поддържаща висока иновационна активност в различни функционални области и стремеж към превръщане на компанията в лидер на промяната. Лидерите на промяната търсят промяната, предизвикват я и я възприемат като възможност за оцеляване, съществуване, развитие и просперитет. За да успее като лидер на промяната, една компания трябва да следва стратегическа политика на системни иновации, т.е. политика, търсеща, предизвикваща и създаваща промени. Това налага да се отделя приоритетно внимание на продуктовото и технологичното обновяване и пазарно реструктуриране на производството; подобряване качеството на продуктите и услугите; засилване на грижата за персонала и за обслужването на клиентите; повишаване на мотивацията, заплащането, професионалното развитие и квалификацията на кадрите;

усъвършенстване на управлението на активите и пасивите; по-голяма удовлетвореност на акционерите; засилено внимание към опазването на околната среда и осъществяване на ресурсикономично производство. Всичко това налага необходимостта от нов подход и дългосрочен нетрадиционен поглед върху проблемите и обстановката, предвиждане, прогнозиране, реалистична оценка и отчитане на последиците при развитието и разрешаването им, което е в основата на стратегическия мениджмънт и неговия стратегически анализ, стратегическо планиране, стратегическо организиране, стратегическо ръководство и стратегически контрол.

Стратегическият мениджмънт като философия и концепция, която превръща традиционното планиране и управление в действено, активно, генерира, предизвиква и стимулира промените в компанията, а историята учи, че кардиналните фундаментални изменения винаги са предизвикани от радикални иновации, които могат да се отнасят до нови продукти и изделия, нови методи, нови системи за дистрибуция и пласмент, нови форми за организация и мениджмънт и др.

Добре известно е, че в пазарна среда бизнесът, основан на продуктите, изделията и технологиите, се развива циклично, следвайки кривата на жизнения си цикъл. Новите продукти се раждат идеално стартирани от идея, създават се материално и при пазарно търсене преминават във фазата на растеж, достигат зрелост и с течение на времето идва моментът на насищане, спад и отмиране. В съвременните условия високите темпове на прогрес във всички области, отрасли и дейности, стимулирани от ожесточената конкуренция, рязко скъсяват общата продължителност на жизнените цикли и най-вече фазите, свързани с предпазарната им реализация. Времето от раждането на идеята, нейното развитие, създаването на проектна документация, изработването на първите опитни образци и тяхното експериментиране, узаконяване и пазарно тестване непрекъснато се скъсява, даващо конкурентно предимство на редица водещи фирми.

Етапите, през които преминава иновационния процес от раждането на идеята до нейната пазарна реализация и ликвидация са следните:

Първи етап - определят се областите за търсене на нови идеи. Те могат да бъдат подсказани от пазара и потребителите, от научни изследвания, проучвания и разработки, от конкуренти, от развитието на технологиите или други източници. Анализът помага за



стратегическото и тактическото ориентиране на предприятието в областта на иновациите. За оценката и избора на идеи за иновации се формулират критерии за селекция, които могат да се обединят в три групи – производствени, маркетингови и финансови. След като се дефинира предметът на иновационните дейности, отпадналите идеи се отделят в т.нар.портфейл от идеи и могат да се използват като резервни варианти. След анализ на идеите, оценката и отсяването им се оформя идеята за новия продукт.

Вторият етап е свързан с разработването на новия продукт, изделие или услуга. При необходимост се извършват научни изследвания и се разработва технико-икономическо задание, определящо минималните изисквания, на които трябва да отговаря новото изделие. На базата на технико-икономическото задание се извършва проектно-конструкторската работа, подготвя се проектната документация, създава се и се изпитва опитният образец на изделието. При необходимост след изпитанията се правят корекции в проектно-конструкторската документация. В този етап се обхващат дейности, свързани с изследване и разработка на иновацията. Тези дейности са обект на стратегическо планиране, отчитане и контролиране. Разработва се концепция за реализацията с линеен график, предварителна оценка на разходите по проекта и очакваните резултати. Прави се технико-икономическа оценка, взема се решение за реализация или отхвърляне на проекта и се приема окончателен бюджет за неговата реализация.

Третият етап съдържа подготовката на производството, усвояването на изделието и тестването и внедряването му в практиката. Внедряването е процес, който осигурява прехода на иновацията от научната идея в производството и подготвя пълната реализация на тази идея в условията на редовна експлоатация. От гледна точка на управлението, чрез този етап се постига трансформиране на научно-техническите постижения в конкретен производствен обект, предназначен да задоволява определени потребности.

В четвъртия етап се организира редовното производство и продажби и въвеждане на продукта на пазара. Това е маркетингова дейност, която включва различни маркетингови методи за привличане вниманието на клиентите. От гледна точка на мениджмънта е важно да се определи точния момент за пускане на новия продукт на пазара, тъй като с течение на времето, цената му се понижава.

Петият етап, обхваща дейностите по пренасяне и усвояване на нововъведението в експлоатация. Тази фаза включва: въвеждане, комуникация (вътрешна и външна), възприемане, обратна връзка и ревизиране. При необходимост се извършва гаранционно и извънгаранционно сервизно обслужване.

Шестият етап съдържа ликвидация на изделието, неговата утилизация или обезвреждане, за да не предизвиква замърсяване на околната среда или да създава опасност за потребителите.

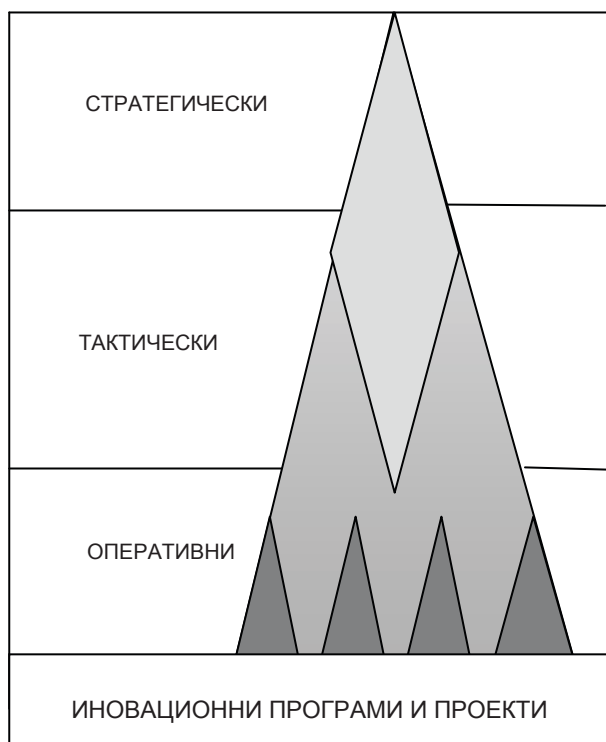
От етапите на иновационния процес може да се изведе жизненият цикъл на всяка иновация. В него се разграничават два основни подцикъла – цикъл на създаване и пазарен цикъл. Цикълът на създаване обхваща период от време между момента на зараждане на идеята до момента на въвеждането ѝ на пазара. Пазарният цикъл включва фазите – старт, растеж, зрелост и спад.

Стратегическото управление на жизнения цикъл осигурява приемственост при преминаване от едно към следващо изделие, така че винаги да има на разположение нови идеи, нови изделия и технологии, които да осигуряват бизнеса на компанията в условията на ликвидация на остарелите изделия.

Иновационната политика като продължение и доразвитие на корпоративната политика в областта на иновациите се реализира чрез голямо разнообразие от иновационни стратегии, включващи разработването на иновационни програми и проекти, за постигане на конкурентни, постижими и реалистични цели. Основното им предназначение е да подпомогнат постигането на конкурентните предимства, преследвани с общата стратегия на фирмата: предимство по отношение на общите разходи, предимство чрез уникалност (диференциране на продуктите и услугите); предимство чрез фокусиране (концентрация).

Иновационната стратегия на фирмата като определящ елемент на нейната глобална стратегия е решаващ фактор за осигуряване на конкурентното ѝ превъзходство. Всяка организация сама формира своите иновационни цели – стратегически, тактически или оперативни и изгражда съответните програми и проекти за тяхната реализация.

Иновационните програми и проекти имат стратегически, тактически и оперативен характер. Те са взаимно обвързани и са отразени на фиг.1.



**Фиг. 1** Структура на иновационните програми и проекти в предприятието

Оперативните иновационни програми и проекти осигуряват нововъведения в момента и гарантират иновационната сигурност и независимост днес, създавайки условия за

получаването на доходи и реализирането на конкурентни предимства.

Тактическите иновационни програми и проекти осигуряват нововъведения в близка перспектива, а стратегическите в далечна перспектива. Те имат конфиденциален характер и са задел за бъдещето на компанията. Моментът на тяхното стартиране зависи както от готовността на компанията за пазарна реализация, така и от пазарната сила и равнище на конкурентите.

### 3. Заключение

Ефективното управление на раждането, създаването, засекретяването, разсекретяването и пазарното реализиране на иновационни програми и проекти стои във фундамента на резултатния стратегически мениджмънт.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Котлър, Ф., Дж. Каслионе, Хаотика, С., Локус, 2009
2. Ташев, А., К.Томанова, Иновациите – фундамент на стратегическия мениджмънт, Втора международна конференция „Мениджмънт и инженеринг 03”, ISSN 1310-3946, С., 2004

E-mail: tomika\_888@yahoo.com



## ТЕНДЕНЦИИ ПРИ ДИСПРОПОРЦИИТЕ МЕЖДУ ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТТА НА ТРУДА И РАБОТНАТА ЗАПЛАТА

СТЕФАН РАЙЧЕВ

**Резюме:** *Производителността на труда и работната заплата са индикатори за разпределението на ресурсите в икономиката. Настоящата статия представя диспропорции между тези два индикатора на секторно равнище. За целта е изведен индикатор за диспропорция, чрез който се изследва тенденцията между производителността на труда и работната заплата за период от 6 години.*

**Ключови думи:** *производителност на труда, работна заплата, ресурсно разпределение*

## TRENDS IN LABOR MARKET PRODUCTIVITY AND WAGE DISPARITIES

STEFAN RAYCHEV

**Abstract:** *Labor productivity and wage are indicators for resource distribution in the economy. The article shows the disproportion between these indicators in the economic sectors. Indicator is developed for measuring the disproportion and tendency between labor productivity and wage for six year term.*

**Key words:** *labor productivity, wage, resource allocation*

### 1. Въведение

Производителността на труда е един от основните индикатори за икономическа активност. В национален сравнителен аспект стойността му е показателна за силата на националната икономика. Повишаването му е ключова цел за всяка икономическа политика, поради нуждата от ефективно използване на човешкия ресурс. Работната заплата като възнаграждение за извършен труд и разход за човешки ресурс следва тенденцията на промяна в посока изменението на производителността на труда. Промяната между производителността на труда и работната заплата в една и съща посока показва справедливостта и ефективността във функционирането на пазарният механизъм. Целта на настоящата статия е да изследва тенденциите в промяната на производителността на труда и работната заплата за три години 2008,

2011 и 2014 г. Посочените индикатори са изследвани в рамките на икономическите сектори и времеви период чрез индикатор за диспропорция. Чрез сравнение на изменението в стойността им посредством полученият индикатор се разкриват диспропорции между промяната на производителността на труда и работната заплата. По този начин се разкриват несъответствия във функционирането на пазара на труда в България спрямо изискванията за ефективност и справедливост и води до неефективното функциониране на националната икономика.

### 2. Теоретична основа

Връзката между производителността на труда и работната заплата е разглеждана от редица учени и е детерминирана от основните икономически школи съгласно собствената им

философия за функционирането на икономическата система. Според класическата школа пазарните субекти – работодатели и работници си взаимодействат свободно и чрез механизма на невидимата ръка достигат до равновесно заплащане на труда и ефективно използване на човешкия ресурс. Използвайки производственият метод и водещата роля на икономическото предлагане, класиците застъпват тезата, че произведените и продадени стоки и услуги формират доходите на притежателите на производствените фактори. По този начин работната заплата има своя „ефективна цена”, която отразява количеството стоки и услуги, можещи да се закупят с нея или стойността на стоките и услугите формира естествената цена на труда. Така нарастването на производственият потенциал посредством повишаване производителността на труда мултиплицира неговата стойност.

Неокласическата школа подхожда към връзката между факторната производителност и нейната стойност от друг ъгъл. Замествайки стойностната теория на класическия икономикс с теорията на пределната полезност, неокласическата школа извеждат ефективността като критерии за използването на ресурсите. Стойността на факторите се изменя от разпределение на прихода от стойността на създаденият от тях продукт с ефективно задоволяване на нарастващите потребности. Теорията за пределната полезност извежда производителността на труда като критерии за търсенето на труд. Повишената производителност на труда повишава неговата цена респ. работната заплата поради нуждата от достигане на пределна полезност от използваният производствен фактор.

Според Кейнсианската школа пазарът на труда не съществува самостоятелно и неразделно от другите пазари – стоковият и финансовият. И по точно отхвърляйки работната заплата като единствен регулатор на трудовият пазар, кейнсианците акцентират върху производността на трудовият от другите два пазара, които оказват въздействие върху него. Според тази школа, намаляването на търсенето на стоковият пазар на дадена стока и услуга ще доведе до съкращаване на разходите за нейното производство. Тъй като работната сила е един от факторите, съкращаването на разходите за нея ще бъде под формата на съкращаване работната заплата или уволняване на персонала. По този начин независимо от производителността на труда, намаляването в търсенето на неговия продукт ще доведе до намаляване в заплащането на труда.

### 3. Методология на изследването

Целта на настоящото изследване е сравнение между времевите изменения в стойностите на производителността на труда и работната заплата на ниво икономически сектор. Обхватът на изследването включва изследване на три години – 2008; 2011 и 2014 г. При извършване на изчисленията, при липса на данни за конкретна година, те са заменени с данни от предишната година. Класификацията на икономическите сектори, обект на изследване е по номенклатура A10. Сравнението между производителността на труда и средната работна заплата на ниво икономически сектор се извършва посредством съотнасянето им спрямо индикаторите за производителност на труда и средна работна заплата в национален мащаб. Това се налага, за да се избегнат погрешни заключения въз основа на резултати базирани на неефективно и несправедливо първоначално разпределение на ресурсите. Съотнасянето на секторните индикатори спрямо националните гарантира, че към тенденцията на тяхната промяна ще бъде отчетено и техният принос спрямо цялата икономика

Стъпките по които ще се извърши изследването са следните:

1. Изчисляване производителността на труда по икономически сектори и в национален мащаб по метода Брутна добавена стойност на един зает;

2. Съотнасяне на индикаторите за производителност на труда и средна работна заплата по секторно равнище към стойностите им в национален мащаб;

4. Изчисляване коефициент на диспропорция на база отношението между „производителността на труда сектор към национален мащаб” към „средна работна заплата сектор към национален мащаб”;

5. Обобщават се резултатите, като се проследява изменението на коефициента за диспропорция през изследваните три години;

### 4. Емпирично изследване

Данните за първата година, обект на изследване – 2008 г. са представени в таблица 1.

*Таблица 1. Коефициент на диспропорция за 2008 г.*

Сектор	A10	Ps / Pn	Ls / Ln	КД
Селско, горско и рибно стопанство	A	0,37	0,72	0,51
Индустрия	B_E	0,95	0,95	1,00
Строителство	F	1,16	0,85	1,37



Търговия, транспорт, хотелиерство и Ресторантьорство	G_I	0,89	0,85	1,05
Създаване и разпространение на информация и творчески продукти; далекосъобщения	J	3,40	2,14	1,59
Финансови и застрахователни дейности	K	4,59	2,23	2,06
Операции с недвижими имоти	L	16,7	1,05	15,9
Професионални дейности и научни изследвания; административни и спомагателни дейности	M_N	0,79	0,97	0,81
Държавно управление; образование; хуманно здравеопазване и социална работа	O_Q	0,79	1,20	0,66
Култура, спорт и развлечения, ремонт на домакински вещи и други дейности	R_U	1,11	0,76	1,45

Данните показват, че през изследваната 2008 г. съществуват сериозни диспропорции между съотношението производителност на труда сектор/ национално равнище и съотношението работна заплата сектор/ национално равнище. От общо 10- те разгледани сектора в три производителността на труда е по ниско от средната работна заплата като съотношение спрямо националните индикатори. От другите седем сектора коефициентът на диспропорция показва равенство само в сектор Индустрия (В\_Е). В останалите шест сектора работната заплата е подценена спрямо отношението на производителността на труда към средният принос за страната. Най-съществена е разликата в сектори Финанси и застрахователни дейности (К) – разлика от два пъти и в сектор Операции с недвижими имоти (L) – разлика от над 12 пъти. Очертаната картина посредством коефициента за диспропорция показва тенденция в която производителността на труда е по-висока като отношение спрямо средната за страната, но това не се забелязва от заплащането в тези сектори.

Данните за втората година обект на изследване – 2011 г. са представени в таблица 2.

**Таблица 2. Коефициент на диспропорция за 2011 г.**

Сектор	A10	Ps / Pn	Ls / Ln	КД
Селско, горско и рибно стопанство	A	0,28	0,77	0,36
Индустрия	В_Е	1,18	0,94	1,25
Строителство	F	1,11	0,88	1,25
Търговия, транспорт, хотелиерство и Ресторантьорство	G_I	0,79	0,85	0,92
Създаване и разпространение на информация и творчески продукти; далекосъобщения	J	2,51	2,28	1,10
Финансови и застрахователни дейности	K	4,55	2,09	2,18
Операции с недвижими имоти	L	13,3	0,99	13,4
Професионални дейности и научни изследвания; административни и спомагателни дейности	M_N	0,84	0,77	1,09
Държавно управление; образование; хуманно здравеопазване и социална работа	O_Q	0,79	1,12	0,70
Култура, спорт и развлечения, ремонт на домакински вещи и други дейности	R_U	0,85	0,76	1,13

Данните за изследваната 2011 г. показват, че в нито един сектор не съществува коефициент на диспропорция равен на единица, което да съответства на еднакво съотношение на секторните производителност на труда и работната заплата към стойностите на цялата икономика. Запазва се подценяването на заплащането в седем от десетте сектора. В секторите Професионални изследвания и научни дейности (M\_N) и Индустрия (В\_Е), които през 2008 г. са били с коефициент на диспропорция равен на 1 – ца или с надценено заплащане на труда настъпва промяна към подценяване на заплащането. Секторите Финанси и застрахователни дейности (К) и сектор Операции с недвижими имоти (L) запазват стойности на диспропорция в пъти към подценяване на работната заплата в секторите.

Единственият сектор в които може да се забележи надценяване на заплащането търпи тенденция на увеличаване коефициентът на диспропорция за периода 2008 – 2011 г.

Данните за третата година обект на изследване – 2014 г. са представени в таблица 3.

**Таблица 3. Коефициент на диспропорция за 2014г.**

Сектор	A10	Ps / Pn	Ls / Ln	КД
Селско, горско и рибно стопанство	A	0,27	0,83	0,33
Индустрия	B_E	1,19	0,95	1,25
Строителство	F	0,93	0,82	1,13
Търговия, транспорт, хотелиерство и Ресторантьорство	G_I	0,85	0,88	0,96
Създаване и разпространение на информация и творчески продукти; далекосъобщения	J	2,43	2,23	1,09
Финансови и застрахователни дейности	K	4,24	1,86	2,28
Операции с недвижими имоти	L	13,6	0,90	15,1
Професионални дейности и научни изследвания; административни и спомагателни дейности	M_N	0,80	1,01	0,80
Държавно управление; образование; хуманно здравеопазване и социална работа	O_Q	0,82	1,09	0,76
Култура, спорт и развлечения, ремонт на домакински вещи и други дейности	R_U	0,89	0,75	1,19

Данните за изследваната 2014 г. също показват, че в нито един сектор не съществува коефициент на диспропорция равен на единица. В четири от тях се забелязва надценяване на заплащането, като в един от тях стойността е почти равна на единица. Така, че общата картина на подценяване на заплащането в седем от десет сектора се запазва и през тази година. Сравнявайки коефициентите на диспропорция през 2008 и 2014 г. може да заключим, че в 5 от тях се забелязва намаляване на диспропорцията,

а в 4 от тях се забелязва нейното увеличаване. В сектор Селско, горско и рибно стопанство (A) надценяването на заплащането се задълбочава от 0,51 до 0,33. Коефициентът показва, че съотношението производителност на труда сектор към средна национална стойност е едва една трета от съотношението заплащане в сектора към средната стойност за страната. Секторите Финанси и застрахователни дейности (K) и сектор Операции с недвижими имоти (L) запазват стойности на диспропорция в пъти към подценяване на работната заплата в секторите.

### 5. Заключение

В статията беше направено сравнение между производителността на труда и работната заплата на секторно равнище посредством съотнасянето им към националните равнища на тези индикатори. Резултатите показват, че във всички сектори съществува диспропорция, която се запазва през шестгодишния период. Въпреки намалението на диспропорцията в някои сектори, тя не се елиминира, а дори се компенсира с равен брой сектори в които диспропорцията се засилва. Острите крайности на диспропорция в някои от секторите се засилва, което е показателно за липса на политика за коригиране. Съществуващите диспропорции са индикатор за неефективно и несправедливо разпределение на ресурсите в националната икономика. Като критерии за намеса на държавата в икономиката, изследваната икономическа ситуация показва нуждата от подобна намеса.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Франц, В.(1996), Пазарът на труда, изд. Форум 2000, София
2. Национален статистически институт, Данни за пазара на труда, <http://www.nsi.bg/>
3. Статистически годишник на НСИ за 2008, 2011 и 2013 г.
4. Goschin, Z. (2007). Spatial and sectoral analysis of productivity-wage dissimilarities in Romania. *Romanian Journal of Regional Science*, 1(1), 33-44

Department of Economic science  
Plovdiv University "Paisii Hilendarski"  
24 Tzar Asen St.  
4000 Plovdiv  
BULGARIA  
E-mail: stefan1@abv.bg



## ТРУДОВА ИНТЕГРАЦИЯ НА МЛАДИТЕ ХОРА В БЪЛГАРИЯ И ЕС

ДОБРИНКА СТОЯНОВА

**Резюме:** Настоящата статия има за цел да представи факторите, влияещи върху приобщаването на младежите на пазара на труда. От една страна е разгледано взаимодействието на икономическите и демографските фактори, а от друга – взаимодействието на институциите на пазара на труда. Разгледани са политиките, които се прилагат в областта на интеграцията на младите хора в България и на европейския пазар на труда.

**Ключови думи:** младежка безработица, пазар на труда, интеграция на младежите, политики.

## LABOUR INTEGRATION OF YOUNG PEOPLE IN BULGARIA AND EU

DOBRINKA STOYANOVA

**Abstract:** This article aims to present factors influencing the integration of young people on the labor market. On one hand is considered the interaction of economic and demographic factors on the other hand, of the interaction of labor market institutions. In the article are analyzed policies which are applied in the field of integration of young people in Bulgaria and on the European labor market.

**Key words:** youth unemployment, labor market integration of young people, policies

### 1. Въведение

Младите хора са носител на иновативни идеи и затова е необходимо да се използва целият техен потенциал, тъй като той е предпоставка за икономическото развитие на ЕС. При реализирането на потенциала на младежите пазарът на труда, обаче е изправен пред редица предизвикателства. Една от най-големите трудности при трудовата интеграция на младежите е високата безработица. Причините за нея най-често се търсят в недостатъците на образованието или на неговата липса при част от младежите, както и липсата на трудов стаж и квалификация. Друга пречка при трудовата реализация на младите хора е високите нива на неактивност, които ги нареждат на челна позиция сред групата на обезкуражените работници. Вероятността младежите да изпаднат в икономическа и социална изолация е много по-голяма,

отколкото е при останалите възрастови групи от населението, защото младите хора са сред основните неравнопоставени групи на пазара на труда. Това подчертава необходимостта от пълната интеграция на младежите в обществото, което налага ефективно прилагане на програми и мерки за намаляване на младежката безработица.

### 2. Специфики на младежката безработица

Младежка безработица е сериозен обществен проблем, който е свързан с неизползване на ресурси в националната икономика и с невъзможност значителна част от младото поколение да се социализира чрез участие в стопанския живот и в потреблението. Значителните размери на безработицата в някои от страните на ЕС я превръщат в обект на задълбочени изследвания и анализи. Вследствие на глобалните и национални промени се

очертават структурни липси под формата на недостатъчен капацитет и готовност за адаптация, както и несъответствие между търсенето и предлагането на пазара на труда. Сериозността на последиците от младежката безработица се проявяват на две равнища. От една страна, те оказват влияние върху общественото и икономическо развитие като цяло :непълно се използват производствените фактори, а недостатъчното производство намалява обема на БВП. От друга страна, има последици и за отделния индивид-той е подложен на лични загуби, свързани със загуби на доход, социален статус и професионално равнище. Това налага по-доброто разбиране на младежката безработицата и за целта е полезно тя да се анализира.

Преди да се пристъпи към анализ на равнището и динамиката на младежката безработица е необходимо да се уточни какво е съдържанието на понятието младежи. В рамките на ООН под младежи или млади хора се разбира всички лица на възраст между 15 и 24 години, като се допуска и използването на други дефиниции от държавите-членки. Затова при изчисляването на коефициента на младежката безработица се забелязват и различни възрастови групи (15-24, 15-29 и др. ). За преобладаващата част от анализите си, обаче ЕС и по-точно статистическата служба към Европейската комисия - Евростат под младежка безработица разбира всички лица, които са на възраст между 15 и 24 години (включително) и които са безработни. Нормата на младежката безработица се измерва като процентното съотношение на броя на безработните във възрастовата група от 15 до 24-годишна възраст към работната сила (заети и безработни) в тази възрастова група. Съществуват, обаче редица затруднения при измерването на младежката безработица и те са свързани с това, че голяма част от хората в тази възрастова група са извън пазара на труда, тъй като много младежи се обучават и поради това нямат възможност за работа. Това обяснява по-високите равнищата на младежката безработица в сравнение с общите нива на безработица или равнищата на безработица при другите възрастови групи. Затова се налага коефициентът на безработица сред младите хора да се изчислява като процентно съотношение на безработните млади хора към общия брой на населението между 15 и 24 години (не само на активните, но и неактивните лица, като например студенти). Коефициентът на младежката безработица, най-общо може да се измери със следната формула(1):

$$\text{Коефициент брой на безработни младежи на младежка} = \frac{\text{брой на безработни младежи}}{\text{младежка работна сила}} \times 100 \quad (1)$$

От анализа на данните за младежката безработица в ЕС за периода 2011-2013г. (табл. 1) става ясно, че делът на младите хора, които са без работа нараства от 21,4% за 2011г. на 23,4% за 2013г., т.е. с 2 процентни пункта. Такава норма на младежката безработица означава, че повече от един на всеки пет младежи, търсещи работа в Европа не може да си намери работно място. Между отделните държави-членки се наблюдават значителни разлики, като данните за 2013 г. показват, че равнището на младежката безработица варира от 7,9 % в Германия и 9,2 % в Австрия (държавите в ЕС с най-ниска младежка безработица) до 55,5 % в Испания и 58,3 % в Гърция (страните-членки с най-висока безработица сред младежите). Последните данните показват тревожна тенденция, която сочи, че всеки втори младеж е безработен.

Коефициентът на младежката безработица в България за 2013г. е 28,4%. Това показва, че в страната ни има около три пъти повече безработни младежи спрямо страните с най-ниска норма на безработица.

*Таблица 1. Младежка безработица в проценти, 2011-2013г*

	Youth unemployment rate		
	2011	2012	2013
<b>EU-28</b>	21.4	23.0	23.4
<b>Euro area</b>	20.8	23.1	24.0
<b>Belgium</b>	18.7	19.8	23.7
<b>Bulgaria</b>	25.0	28.1	28.4
<b>Czech Republic</b>	18.1	19.5	18.9
<b>Denmark</b>	14.3	14.0	13.0
<b>Germany</b>	8.6	8.1	7.9
<b>Estonia</b>	22.4	20.9	18.7
<b>Ireland</b>	29.1	30.4	26.8
<b>Greece</b>	44.4	55.3	58.3
<b>Spain</b>	46.2	52.9	55.5
<b>France</b>	22.6	24.4	24.8
<b>Croatia</b>	36.1	43.0	49.7
<b>Italy</b>	29.1	35.3	40.0
<b>Cyprus</b>	22.4	27.8	38.9
<b>Latvia</b>	31.0	28.5	23.2
<b>Lithuania</b>	32.6	26.7	21.9
<b>Luxembourg</b>	16.4	18.0	17.4
<b>Hungary</b>	26.1	28.1	27.2
<b>Malta</b>	13.8	14.2	13.5
<b>Netherlands</b>	7.6	9.5	11.0
<b>Austria</b>	8.3	8.7	9.2
<b>Poland</b>	25.8	26.5	27.3
<b>Portugal</b>	30.1	37.7	37.7
<b>Romania</b>	23.7	22.7	23.6
<b>Slovenia</b>	15.7	20.6	21.6
<b>Slovakia</b>	33.7	34.0	33.7
<b>Finland</b>	20.1	19.0	19.9
<b>Sweden</b>	22.8	23.7	23.4
<b>United Kingdom</b>	21.1	21.0	20.5

Източник: Евростат



По данни на Евростат като тенденция се наблюдава също, че младежката безработица е по-висока в сравнение с тази в другите възрастови групи, както в България, така и в ЕС.

Участието на пазара на труда обикновено се описва чрез показателите норма на заетост и равнище на безработица. Те дават информация за тези, които вече имат работа или активни търсят такава. Двата показателя, обаче са с ограничено значение, защото голяма част от младежите често се намират извън работна сила. За по-точното положение на младите хора на пазара на труда е необходимо да се вземе предвид и т. н. група младежи, които се обозначават с термина NEET (Not in employment, education or training). Тази група включва млади хора на възраст между 15 и 24г. , които не работят, не учат и не се обучават.

По данни на Евростат анализът на нормата на NEET в ЕС за периода 2000-2011г. показва, че от 2000г. до 2008г. нормата на NEET намалява. От началото на финансовата криза (2008г. ), обаче тази норма започва да нараства във всички държави-членки, с изключение на Австрия, Германия и Люксембург. Средното равнище на NEET също се е увеличило от 10, 8% през 2008г. до 12, 9% през 2011г.

### **3. Фактори, влияещи върху интеграцията на младежите на пазара на труда**

Сред по-важните фактори, които поставят младежите като неравностойна група на пазара на труда са:

*-липсата на трудов опит и професионална квалификация*

Това създава големи затруднения при намиране на първа или на нова работа. В условия на криза обстоятелствата за младежите са още по-неблагоприятни- те са най-заstraшени от загубата на работното си място, тъй като работодателите се опитват да съкратят разходите си и да увеличат производителността.

В тази връзка те предпочитат да задържат работници с по-дълъг професионален опит, тъй като последните имат по-голям потенциал за увеличаване на производителността на труда си. Младежите се приемат като работна сила с по-ниска производителност на труда, поради липсата на практически опит, което налага обучението им на работното място, а това е свързано с високи разходи за работодателите, което е неблагоприятно за тях в условия на забавен икономически растеж.

*-несъответствие между квалификационната структура на търсената и предлаганата работна сила*

Това несъответствие определя т. н. структурна безработица, която се измерва чрез кривата на Бевъридж. Тя показва също така разминаването между качеството на образование и нуждите на пазара на труда. В ЕС страните, в които има най-голямо съответствие между търсене и предлагане на труд и съответно най-ниска младежка безработица са Германия и Австрия. В тези държави- членки действа дуалната система на обучение. Тя представлява професионално обучение, което се осъществява паралелно, както в професионално училище, така и в предприятие. Специфичните изисквания на всяка отделна професия определят и основата на професионалното обучение. Предприятието, в което се извършва професионалното обучение е отговорно за придобиването от младежите на практически умения и за реализацията на техните теоретични знания. По този начин полученото образование отговаря на нуждите на пазара на труда и така се увеличава заетостта сред младежите.

*-степенна на придобитото образование*

Тя също е от съществено значение за нормата на младежката безработица. По данни на Агенцията по заетостта (АЗ) за 2013г. става ясно, че в България безработицата сред младежите с висше образование е най-ниска. В образователната структура на безработните млади хора до 24 г. през разглеждания период с най-голям относителен дял е групата на младежите с основно и по-ниско образование, следвани от тези със средно и с висше образование. Това в голяма степен се дължи на демографските промени, при които се увеличава броят на ромите в младежка възраст, с което пък нараства и броят на неграмотната част от населението. Тази неграмотност се свързва с ниско образование, а дори и с липсата на такова, което пък води до намаляване на възможностите за намиране на работа сред младежите.

*-обезкуражени работници*

Съгласно определението на Националния статистически институт (НСИ) обезкуражените работници са лица на 15 и повече навършени години, които желаят да работят, но не търсят активно работа, защото предполагат, че няма да намерят. Възrastовата група 15-24 е широко представена сред обезкуражените работници, поради неравностойното положение на младежите на пазара на труда. Поради липса на официално

публикувани данни за обезкуражените лица без трудов стаж е трудно да се направи съответният анализ.

#### 4. По-важни политики за интеграцията на младежите на пазара на труда.

Независимо от активната позиция на ЕС относно младежката безработица, отговорността за проблемите в тази сфера и отстраняването на последиците от тях се носи главно от държавите-членки. Това е така, защото ЕС не може да влияе пряко върху промените на някои структурни политики на отделните страни.

Сред по-важните политики и стратегии за трудовата интеграция на младежите в рамките на ЕС са : Стратегия „ЕВРОПА 2020“, която ЕК представи на 3 март 2010г. и е насочена към интелигентен, устойчив и приобщаващ растеж и чиято ключова инициатива „Младежта в движение“ има за цел подобряване постиженията на образователните системи и улесняване навлизането на млади хора на пазара на труда. Друга водеща европейска инициатива е ”Възможности за младежта“- тя представлява набор от мерки за намаляване на младежката безработица и е част от инициативата за образование и заетост ”Младежта в движение“. Не на последно място е и подходът ”Гаранция за младежта“- той гарантира, че всички млади хора под 25години, които са завършили формалното си образование или са останали без работа, в рамките на четири месеца, ще получат конкретно предложение за работа, чиракуване, стаж или продължаващо обучение, независимо дали са регистрирани в службите по заетостта или не. Това предложение трябва да е съобразено с нуждите и положението на всеки. Като ЕС помага на всяка страна да изготви национален план за прилагане на гаранцията за младежта.

В България по-важните стратегии и планове, занимаващи се с младежката заетост са: ”Национална стратегия за младежта в България(2012-2020)”, ”Нова програма за реформи(2011-2015)”, Оперативна програма ”Развитие на човешките ресурси”, ”Национален план за изпълнение на Европейската гаранция за младежта”, програма „Старт в кариерата”, и др.

От анализа на проучените политики става ясно, че те имат редица положителни страни, но тяхното провеждане не отменя необходимостта от подобряването им и свързаните с това промени.

#### 5. Заключение

Негативните демографски процеси, които протичат в Европа, както и световната икономическа криза, превръщат успешното включване на младите хора на пазара на труда и плавния им преход от образование към заетост в голямо предизвикателство за страните-членки. От съществено значение за стабилното икономическо и социално развитие на ЕС, обаче е интеграцията на младежите на пазара на труда. Затова са разработени редица стратегически документи, програми и политики, които се прилагат от всяка страна- членка в Европа. Целта е да се намали младежката безработица и да се увеличи активността сред тази възрастова група, защото това е важна предпоставка за постигане на стабилен икономически напредък.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Митев, П. -Е. , Ковачева, С. (2014), *Младите хора в Европейска България-социалистически портрет 2014*, Фондация „Фридрих Еберт“, София
2. Национален план за изпълнение на Европейската гаранция за младежта (НПНПЕГМ)
3. Национална стратегия за младежта (2012-2020)
4. <http://www.az.government.bg>
5. [http://doku.iab.de/aktuell/2014/aktueller\\_bericht\\_1403.pdf](http://doku.iab.de/aktuell/2014/aktueller_bericht_1403.pdf)
6. [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Unemployment\\_statistics#](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Unemployment_statistics#)
7. [http://ec.europa.eu/youthonthemove/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/youthonthemove/index_en.htm)
8. [http://eurofound.europa.eu/sites/default/files/ef\\_publication/field\\_ef\\_document/ef1254en.pdf](http://eurofound.europa.eu/sites/default/files/ef_publication/field_ef_document/ef1254en.pdf)
9. [http://www.nsi.bg/sites/default/files/files/metadata/LFS\\_Methodology.pdf](http://www.nsi.bg/sites/default/files/files/metadata/LFS_Methodology.pdf)
10. <http://www.youthforum.org/news/news-archive/>
11. <http://www.unesco.org/new/en/social-and-human-sciences/themes/youth/youth-definition/>

Department of Economics  
Plovdiv University "Paisii Hilendarski"  
24 Tsar Assen St.  
4000 Plovdiv  
BULGARIA  
E-mail: bini\_stoyanova@abv.bg



## ПРОБЛЕМИ И КОНФЛИКТИ ПРИ УПРАВЛЕНИЕТО НА МАЛКИТЕ ИЗБИ В БЪЛГАРИЯ (НА ПРИМЕРА НА ШАТО БУРГОЗОНЕ)

ИВАНКА БАНКОВА

**Резюме:** Предмет на анализ и оценка в представения доклад са конфликтните зони и проблеми при управлението на малките изби в България. Защищава се позицията, че прилагането на лидерска компетентност при идентифицирането на конфликтните зони и управлението на конфликтите в условията на нарастваща конкуренция е предпоставка за успешното развитие на малките изби и затвърждаването на лидерска позиция на пазара на вино. Това може да се постигне чрез извършване на набор от стратегически дейности, които дават възможност регионалните различия да бъдат предимства на винарските изби.

**Ключови думи:** управление, проблеми, конфликти, конфликтни зони, конфликтен фактор, лидерство, персонал, малки изби.

## PROBLEMS AND CONFLICTS BY THE MANAGEMENT OF SMALL CELLARS IN BULGARIA (ON THE EXAMPLE OF CHATEAU BURGOZONE)

IVANKA BANKOVA

**Abstract:** This report subjects to analysis and evaluation the conflict areas and the problems by the management of small cellars in Bulgaria. This report defends the position that applying leadership competency in identification of the conflict areas and the management of conflicts under the conditions of increasing competency is a prerequisite for the successful development of the small cellars and affirmation of a leadership position on the wine market. This could be achieved by completing a selection of strategic actions, which provide the possibility that regional differences are converted into advantages by the wineries.

**Key words:** management, problems, conflicts, conflict areas, conflict factor leadership, staff, small cellars.

В условията на глобални политически, социални, икономически и технологични промени и конфликти, се разкриват нови възможности за развитие на бизнеса. Бързото развитие на технологиите води до повишаване обемите на производство във винения сектор. Повишаването на качеството на живот провокира нови потребности у потребителите.

Все повече нараства степента на интеграция между отделни страни и региони, както в политическо, така и в икономическо отношение.

За да отговорят на предизвикателствата на конкурентната пазарна икономика съвременните бизнес организации, в т.ч. и малките винарски изби, се нуждаят от качествено нов тип управление.

В предложения доклад се прави опит за извеждане на ключовите фактори за успех на винопроизводството чрез разкриването на критичната връзка на стратегическото управление, фирмената конкурентноспособност, лидерството и управлението на конфликтите.

Лозарството и лозаро-винарският сектор в България имат дългогодишни традиции и огромен потенциал. Производството на вино се вписва и към бъдещите изисквания за екологично чисти и щадящи околната среда продукти.

### **1. Обща характеристика на изба Шато Бургозоне – конфликтни предпоставки**

В България се създадоха много лозя и винарни на случайни места. Често, след години се открива, че почвата и мястото не са подходящи за съответния сорт. Или вината не стават толкова добри, като в друг, съседен район. Затова лозе се сади с дълго проучване. Тепърва в България ще излизат вина от различни места и микрорайони, със своеобразна специфика. За френските винарски региони и произход, са били нужни към 800-900 години, за да се установят точните места и сортове, за да се постигне уникалната характеристика за качествата на виното от едно или друго място и всичко това да се районира, опише, регистрира и категоризира.

Шато Бургозоне е една от малкото изби в България, разположена непосредствено сред собствени лозя. Намира се на брега на р. Дунав над остров Есперанто между 140 и 220 метра надморска височина, върху насечен релеф се простират 150 ха земи на Шато Бургозоне, от които 100 ха са нови лозя, които са в плододаване. Разположена в околностите на гр. Оряхово върху лъсоча почва с географски координати, подобни на Тоскана, Кот дьо Рон и Бордо, тя има подходящи условия за лозарство и винарство [9]. Тези специфични териториални характеристики, съчетани с добро управление, могат да бъдат базовите предпоставки за достигане на стабилна лидерска позиция на пазара на тороарно вино.

Първите стъпки на младата изба са обнадеждаващи – произведеното вино в Шато Бургозоне Шардоне влиза в историята, като печели през 2010 г. първия за България Голям Златен Медал от Световния конкурс в Брюксел.

Както се подразбира от името, избата е тип шато, разположена е непосредствено сред лозовите масиви. Това от гледна точка на винопроизводството е безспорно преимущество, тъй като своевременното преработване на гроздето, веднага след неговото обирание на

практика не позволява изменение на неговите характеристики и състав. Сграда на избата е оригинално архитектурно съчетание на изба и бутиков хотел, разположена на стръмния южен склон над р. Дунав, като избените помещения за съхранение на виното при оптимална температура са разположени на два етажа под земята. Важна особеност е, че Шато Бургозоне преработва грозде само от собствените си лозови насаждения, което е достатъчна гаранция за произход и високо качество на суровината.

Факт е, че това е една от най-силните страни на избата, но възниква проблема поради не доброто планиране на продажбите. Изостава вино, което след две-три години започва да губи от качествата си и поради високата себестойност и цена, реално става „непродаваемо”. Това е сериозен *конфликтен фактор*, тъй като при намаляване на продажбите и в т.ч. и приходите, разходите не намаляват.

*Основната конфликтна предпоставка се наблюдава при разпределението на площите по сортове.* Големи площи са засадени с неатраaktivни сортове и това води до големи обеми вино от трудно продаваеми, непопулярни сортове с висока себестойност [9].

През 2010 г. започва да работи съвременен винарски комплекс с капацитет 650 тона годишно. Сградата му напомня древна римска крепост. В подземията за съзряване на вината се намира оригинална енотека, в която по предварителна заявка регулярно се правят дегустации на вина. Но поддръжката на огромната сграда с големи разходи за отопление, охлаждане и обслужване от малък на брой, недостатъчно квалифициран персонал и не ритмични посещения от клиенти е *друга конфликтна предпоставка.*

*Конфликтен фактор е и предстоящото пускане в експлоатация на изградения в ансамбъла на избата хотелски комплекс с винен СПА-център и възможности за винен туризъм, лов и риболов и Екоселище – всичките разположени в един двор, за което са необходими крупни средства, а набирането на персонал предизвиква сериозни трудности.* Високата категория на хотелския комплекс изисква и съответното ниво и квалификация на персонала. Град Оряхово прогресивно обезлюдява и няма яснота от къде ще бъдат привлечени специалисти, като не може да се гарантира, че ще им бъде осигурена постоянна заетост и заплащане. Инфраструктурата около гр. Оряхово е силно амортизирана, голяма част от пътищата са разрушени в следствие на свлачищни процеси и имат нужда от ремонт и непрекъсната поддръжка. След откриването на



втория мост на р. Дунав, фериботния комплекс в Оряхово е със затихващи функции, няма трафик на ТИР-ове, няма работа и за митницата /както и за обслужващия сектор – заведения за хранене, хотели, бензиностанции и други дейности специфични за трафика./

*Конфликтен фактор* е факта, че поради ограничения добив на грозде себестойността на виното е много висока – подходяща за бутиково вино, а не за масово, каквото може реално да бъде продадено на българския пазар и да бъдат реализирани очакваните от собствениците печалби.

Стилът на избата е да прави вина с подчертана минералност, в които плод и подправки са изведени на преден план [9]. Това са меки и плътни, добре балансирани вина, които в максимална степен отчитат особеностите на тероара, което ги прави уникални. Засега преобладаващата част от продукцията се реализира в чужбина, може би защото първо там вината на избата предизвикват интереса на специалистите и са високо оценени. За млада изба като Шато Бургозоне е престиж постигнатото признание за продукцията ѝ в Белгия и Люксембург където се предлага във веригите *Карфур* и *Ошан*, правят се първи стъпки за присъствие в *ХоРеКа*. Изнасят се и вина за Канада, Германия, Полша, Чехия и др. [9].

За съжаление обаче, това е по-скоро добро пожелание за бъдещи сделки. Ако има постоянен износ, това би стабилизирало избата. Недостатъкът е, че се реализират основно единични и не рядко неизгодни сделки, по-скоро с рекламен ефект, което е *друг конфликтен фактор*.

Политиките на Шато Бургозоне по отношение на вътрешния пазар, също са *предпоставка за възникване на конфликти*, тъй като договорените условия с веригите Метро и Карфур са крайно неизгодни за избата. С лансирането през 2013 година на новата серия *Рондо* се прави опит да се разшири кръга от почитатели на висококачествени вина от Дунавската равнина, но е факт, че тази серия вече се извежда от търговската мрежа поради слаби продажби.

## **2. Идентифициране на конфликтните зони**

За да се постигне успех на световния пазар на вино не е достатъчно производството на вина с добро качество. Трябва нещо, с което да се привлече вниманието на клиентите, защото пазарът е презадоволен от вина с добро качество. Забелязаната през 2014 г. тенденция се

очаква да продължи и през следващите години – много български вина са безспорно добри и е наложително търсенето на собствен облик което да впечатли потребителя, за да ги потърси отново.

Отговор на пазарните предизвикателства може да бъде търсен в използването на регионалните характеристики на винарските изби като източник за подобряване на пазарния статус на продуктите им и на избите като цяло, като подчертае тяхната уникалност. В този смисъл могат да се предвидят следните моменти:

*Първо*, винарството е свързано с един от най-значимите отрасли на българското селско стопанство, а именно лозарството, което осигурява необходимата суровина.

*Второ*, българското вино е не само една от емблемите на страната ни, но е и единствения продукт в аграрния ни износ (сред тези с по-значителен дял), който не притежава суровинен характер.

*Трето*, по-важните особености на винарската промишленост (сходна продуктова гама, аналогичен производствен процес, сходна пазарна ориентация и други) поставят отделните предприятия в ситуация, при която техните проблеми имат общ генезис.

Както повечето малки изби в България и Шато Бургозоне е семейна изба, управлението е разпределено между членовете на семейството, двама от които живеещи в чужбина. Съществува така наречения „управителен съвет”, в който участват технолозите, изпълнителния директор на избата, финансовия и търговския директор. Теоретично на заседанията се взимат добри решения, които обаче след това се обсъждат в тесен семеен кръг и обичайно финалното решение коренно различно от приетото на съвета. *Съществен проблем пораждащ често конфликти* е, че дори това финално решение подлежи на многократна промяна, не само в течение на времето, но често и ежедневно. Тук става въпрос за случаите, когато се вземат стратегически решения, изискващи ангажиране на финансов и човешки ресурс за определено бъдещо време, както и договорни отношения с външни партньори. Непрестанното лутане предизвиква както свръх наличности на дадени материали, недостиг на определени асортименти, трудности и проблеми с финансирането, така и объркване в търговския екип и некоректно отношение към партньорите.

Идентифицират се и *структурни конфликти*, [2] тъй като структурата е условна – специалист външен пазар, търговски директор вътрешен пазар, специалист работа с ключови

клиенти, търговски представители, мърчандайзери. Поради ограничения състав често функциите, съответно и отговорностите се размиват.

Големите награди на международни изложения предизвикват свръх очаквания у собствениците. За жалост „златни медали не продават”. Тези очаквания са в основата на стратегията „продажбите ще се случат без особена инвестиция, защото вината са добри”. Резултатът от тази политика е:

- Малък бюджет за маркетинг, усвоен основно за дегустации и участие в изложения. Когато е необходимо да се рекламира конкретен обект, нещо, което е масова практика при конкурентите, се налага воденето на тежки преговори от страна на търговския директор и собствениците. Страничният наблюдател остава с впечатление, че собствениците на избата не могат да си подредят приоритетните стратегически направления.

- Постоянни рестрикции към търговския екип – ограничения за командировъчни, гориво, намаляване на състава, често обидно отношение към служителите.

- Опити за продажби през алтернативни канали, не изискващи особени инвестиции – фирмени щандове и сайта на фирмата – към момента не дават резултат.

Поради големите обработваеми площи постоянните разходи са съществени, съответно обемите произвеждана продукция трябва да се реализира бързо, за да се осигурява нужния ресурс. Поради несигурния износ основните обеми за момента се реализират на вътрешния пазар. Това става основно през три канала: търговски вериги, дистрибуторски компании и собствен търговски отдел.

Търговските вериги като канал се характеризират с относително постоянни обеми, но с цената на големи разходи за входни такси, отстъпки и други маркетингови разходи. Проблем при тях е въвеждане на нови продукти поради тежката процедура и скъпия и бавен като цяло процес.

Поради непрекъснатата намеса от страна на собствениците трудно се поддържа нормална комуникация с веригите. Често се правят опити да се променят договорените вече условия, тъй като поради недомисляне и недобра преценка те се оказват крайно неизгодни за избата. Този процес може да е логичен, но поставя под въпрос партньорството, което в голяма степен предопределя неуспеха на повечето преговори.

Дистрибуторските компании работят предимно като логистични партньори – очакват търговските агенти на производителя да работят

с крайните обекти, да осигуряват заявки а те само да доставят стоката. Това ги прави относително скъп и не особено ефективен канал.

При първоначалното договаряне с дистрибуторските фирми са уточнени неизгодни за избата условия, предоговарянето на които е труден и сложен процес. Резултатът е ниски обеми на продажбите, което е в основата за слабия интерес от страна на дистрибуторите.

Създаването на собствен търговски екип, би гарантирало, че ще се предлагат продукти от целия асортимент. Специалистите от такъв екип могат да търсят възможности за оказване на влияние върху крайните обекти чрез провеждане на различни маркетингови активности. Поради стратегическото виждане на собствениците, че търговски отдел не е нужен, се съкращават експерти и се поставят ограничения в работата на оставащите търговци.

Друг важен проблем е лошото планиране на производството, водещо до дълготрайна липса на дадени асортименти – съответно до пропуснати продажби и до невъзможност да се поемат ангажименти към клиентите за редовни доставки.

Силно изразени са следните *конфликтни зони*, преодоляването на които е задължително, ако избата желае да остане на пазара:

- Неподходящо планирана сортова структура на лозята – планирането е правено по съвети на външни консултанти без оглед на възможностите и традициите на българския пазар.

- Твърде големи произведени обеми за реализация – по националните критерии избата не е малка, а продукта като качество и цена е бутиков, трудно е вътрешния пазар да поеме такива количества на такава висока цена, особено без никаква маркетингова подкрепа.

- Твърде висока себестойност – проблеми при обработката на лозята, управлението на избата и търговския екип.

- Неясно разпределение на права и отговорности – липса на доверие към екипа, възлагане на една и съща работа на двама и повече хора с цел контрол. Желание на собственика да разрешава сам всички възникнали въпроси. Не предоставяне на права на ресорните мениджъри да решават текущи въпроси. Налага се безкрайно съгласуване и уточняване. Често утвърдени решенията се променят, дори без да се информират съответните отговорници за изпълнението им.

- Не добро отношение към персонала – подронване на авторитета на мениджмънта, прескачане на преките ръководители при комуникацията с персонала, промяна на взети от

прекия ръководител решения, нередовно получаване на възнагражденията.

➤ Недостиг на финансов ресурс вследствие на непрофесионално планиране на елементите на паричния поток. Липсата на дадени асортименти блокира продажби и води до загуба на оборот, и често възникват непланирани разходи.

➤ Делистване на продуктите от търговските вериги, поради слаби продажби заради лош мърчандайзинг и отказ от участие в скъпи маркетингови активности на веригите, проблеми при ценови акции в конкурентни вериги, водещи до блокиране на артикули за поръчка.

➤ Напускане на служители от търговския отдел поради лошо отношение към персонала, неясни договорки за изплащане на бонуси и възнаграждения, въвеждане на лимити за гориво, преназначаване на 4-часов работен ден. Липса на търсени артикули, което води до неизпълнение на плановете за продажби. Неясна структура на задължения и отговорности в отдела.

➤ Повишаване на себестойността на крайния продукт поради слаба реколта.

➤ Спад в търговския оборот поради загуба на крайни обекти, неминуем резултат от съкращаване на търговския отдел.

### **3. Възможности за успешно управление на конфликтите в изба Шато Бургозоне**

Посочените конфликтни зони могат да бъдат овладени и възникването на евентуални конфликти успешно управлявани чрез:

➤ Коригиране на сортовата структура на лозята, възможност за финансиране по европейски програми;

➤ Реализация на обеми на външен пазар;

➤ Оптимизация на разходите с цел намаляване на себестойността на крайния продукт;

➤ Въвеждане на нови артикули в по-нисък ценови клас;

➤ Продажби на наливно вино, но при високата себестойност наливното вино е с неконкурентна цена, в тази посока може да се направи малък компромис с качеството.

*Препоръки за успешно управление на конфликтите*

От анализа е видно, че различни по характер причини предизвикват противоречия и конфликти в дейността на изба Шато Бургозоне. Тяхното своевременно и ефективно разрешаване е от съществено значение за подобряване на микроклимата и постигане на по-високи резултати.

Независимо, че не може да се твърди, че има универсални техники за разрешаване на конфликти на работното място, собственикът на избата може да се съобрази със следните специфични моменти [4]:

➤ Препоръчително е по-ограничено прилагане на властови подход при разрешаване на конфликтите. Защото наложе ните чрез него решения често са нетрайни.

➤ Добре би било да се създадат дългосрочни отношения, както с работниците, така и с мениджърския състав на избата.

➤ Поощряването на лидерството би спомогнало за успешното управление на конфликтите в избата. Когато в дадена група има лидер, обикновено тя е по-безконфликтна.

➤ Политиките, целите и стратегическите приоритети при управлението на избата е добре да бъдат ясно дефинирани и последователно прилагани. При промяна на стратегическите насоки е необходимо провеждането на срещи с целия персонал.

➤ Управлението на избата би спечелило, ако подбира работници и специалисти, които споделят политиките на собствениците на избата.

➤ Целите и задълженията на всеки служител е да се поставят по начин, който най-добре би ги стимулирал за постигането им. [2].

➤ Както работниците, така и служителите от мениджърския състав трябва да се убедят, че системата за стимулиране предлага справедлива компенсация за усилията и приноса им.

➤ Собствениците на избата е добре да подобрят отношението си към всеки служител, защото враждебното отношение, поражда вражда, която рано или късно ескалира в конфликт.

Предпоставка за подобряване на работната атмосфера във винарските изби са добрите комуникации на всички нива както по хоризонтала, така и по вертикала. Комуникациите обаче, не трябва да се възприемат само като обмяна на информация, а и като инструмент, чрез който може успешно да се управлява винарската изба.

Прилагането на лидерската концепция на управление на конфликтите на практика, е необходимо да започне с формулиране на фирмена стратегия. Изборът и осъществяването на подходяща стратегия заемат особено важно място при управление на винарската изба, тъй като пазарът на вино се отличава със следните характеристики [7]:

➤ Наблюдава се висока степен на насищане на пазара. В световен план производството надхвърля търсенето.

Основните пазари са задоволени в количествено отношение, като тази констатация се отнася и за българския пазар.

➤ Засилена конкуренция – предлагането не само надхвърля търсенето, но на пазара навлязоха и нови страни производители [6].

➤ Нараства ролята на държавата и общностите в регулирането на винения пазар. Проблемите които съществуват провокират често обновяване на нормативната база, което създава немалко условия за възникване на административни конфликти [5].

Пред винения сектор възникват за решаване множество проблеми, които в разнообразието на произхода си предполагат изработване на комплексни управленски решения с оглед на тяхното преодоляване в единство и създаване на условия за успешно развитие на винарските изби в дългосрочен план.

#### **Заключение:**

Въз основа на проведеното проучване може да се обобщи, че пред винения сектор и в частност в малките изби в България, стоят множество трудности за преодоляване. Разнообразния произход на идентифицираните проблеми изисква прилагането на комплексни решения с оглед създаването на условия за развитие на малките винарски изби в дългосрочен план. Могат да се систематизират следните направления:

➤ Подобряване разбирането за същността на маркетинга и възприемането му като философия за управление на бизнеса, може да се постигне чрез вътрешно фирменото обучение, насочено към целия персонал.

➤ Изграждане на маркетингово звено и предоставяне на права и отговорности на членовете му, за формулиране, изпълнение и контрол на маркетинговата стратегия.

➤ Подобряване на стратегическите насоки.

➤ Мотивиране на служителите чрез лично участие и ангажираност, колегиално отношение, насърчаване на проявилите се чрез различни стимули, достъп до необходимата информация, открити контакти и приятелски

разговори, демонстриране на вяра в добрия изход и пр.

Успешното позициониране на винарска изба Шато Бургозоне на винения пазар е в пряка зависимост както с удачното ѝ адаптиране към бизнес средата, така и с адекватния вътрешен мениджмънт, изпълнението на подходяща маркетингова стратегия и навременното идентифициране и разрешаване на възникващите конфликти.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Бориславов, Я., (2009) *Българска енциклопедия на виното*, Труд, София.
2. Димитров, Д.В. (2007) *Управление на конфликта*. Изд. "ГорексПрес". София.
3. Костадинов, Х. (2010) *Виното – производство и контрол*. Еньовче. София.
4. Стоянова, М., (2014) *Конфликтите през призмата на социологията*. ИК - УНСС, София.
5. *Закон за виното и спиртните напитки* Обн., ДВ, бр. 45 от 15.06.2012 г., в сила от 16.09.2012 г., изм. бр. 15 от 15.02.2013 г. в сила от 01.01.2014 г.
6. *Национална стратегия за развитие на лозарството и винарството в Република България 2005-2025*. (2004) Национална лозаро-винарска камара, София.
7. *Национална програма за подпомагане на лозаро-винарския сектор на България за винарските 2014-2018 години*. (2013) Министерство на земеделието и храните. София
8. Иванов, П. *Производителността на грозде и вино в България продължава да намалява*. (Достъпно на 15.03.2015 г.) <http://www.agronom-bg.com/proizvodstvoto-na-grozde-i-vino-v-blgariya-prodlzhava-da-namalyava>
9. Петков М. *Лозарски тероар „Оряхово” Шато Бургозоне* (Достъпно на 15.03.2015 г.) [http://www.burgozone.bg/files/teroar\\_bg.pdf](http://www.burgozone.bg/files/teroar_bg.pdf)

Адрес:

9007 гр. Варна

К.к. „Чайка“

ВСУ „Черноризец Храбър“

Д-р Иванка Банкова

E-mail: bankova.v@gmail.com





## УПРАВЛЕНИЕ НА ТЕКУЧЕСТВОТО НА ПЕРСОНАЛА В ОРГАНИЗАЦИЯТА

СВЕТЛАНА БОРИСОВА

**Резюме:** *Управлението на текучеството на персонала е една от важните задачи на мениджмънта на човешките ресурси. Характеризира се с определени положителни и отрицателни страни, част от които биха могли да бъдат преодоляни във времето. Управлението на текучеството на персонала се изразява в организирането и провеждането на дейности, насочени към неговото процентно понижаване, обединени в една обща програма.*

**Ключови думи:** *управление, текучество, персонал, организация*

## MANAGEMENT OF THE TURNOVER OF PERSONNEL IN ORGANISATION

SVETLANA BORISOVA

**Abstract:** *Management of the turnover of personnel is one of the main tasks of human resource management. Turnover has specific positive aspects as well as drawbacks, some of which could be overcome over time. The management of turnover involves organisation and execution of activities aimed at its decrease, incorporated in a programme.*

**Key words:** *management, turnover, personnel, organisation*

### 1. Основни положения

Текуществото на персонала, и в частност, неговото управление е проблематика с голяма актуалност и изключително значение за съвременните теоретици и практики. Големият брой напускащи може да наруши обичайният ритъм на работа във всяка организация.

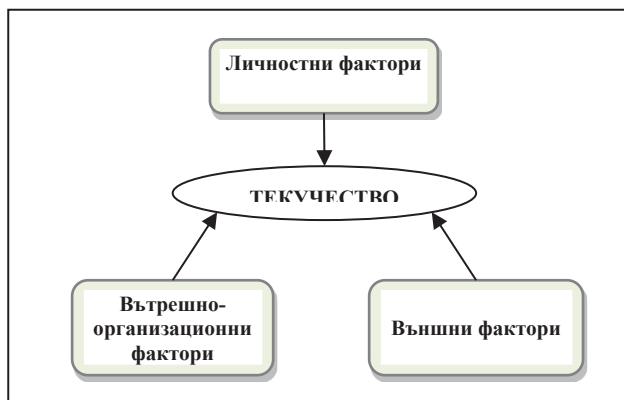
Актуализираната „Национална стратегия за демографско развитие на населението в Република България (2012 г. – 2030 г.) [1] и незначителното ниво на икономически растеж, са показатели за намаляване броя на хората с необходимите личностни качества, знания и умения. Тази негативна тенденция влияе върху интересите на много работодатели. Понякога критериите, а впоследствие и решенията за назначаване на кандидатите, се разминават с изискванията на длъжността (представени като съвкупност от

трудова задължения и задачи), поради фактори с подобно въздействие. В този смисъл, една от основните отговорности на мениджмънта, като цяло, е задължителните и желателните изисквания към изпълнителите да бъдат добре обмислени, в съответствие с новите тенденции. По този начин ще продължи търсенето на служители, които със своята квалификация в голяма степен са подходящи за определената позиция, въпреки затрудненията. Когато работодателите подценяват значението на предварителния анализ на работата това води след себе си проблеми с „отложен старт“ свързани с недоволни, напускащи служители.

Според публикация на Н. Николов [2], разминаването между възможностите и задачите предизвиква в служителите чувство на неудовлетвореност, което е в резултат от

невъзможността за постигане на поставените цели дори и при най-добро желание.

В специализираната литература се обръща голямо внимание на напускащите работа, особено когато този процент е голям. За текучеството се говори и като *промяна на числения състав на персонала*. Факторите, поради които възниква се обособят в три групи: *личностни, вътрешно-организационни и външни фактори* [3], Фиг. 1:



Фиг. 1. Фактори влияещи върху текучество на персонала

- Към групата на *личностните фактори* се причислят: опит и възраст, ниво на образование, квалификация, трудов стаж и др.;

- Към *вътрешно-организационните фактори* могат да се отнесат: неудовлетвореността от работната заплата, условията и организацията на труд, степента на автоматизация на работата, липсата на възможности за кариерно развитие, неуважителното отношение от страна на ръководителите и пр.;

- *Групата на външните фактори, включва:* нерешени социални проблеми, отдалеченост от работното място, отсъствие (в района на организацията) на детски градини и училища, други семейни обстоятелства, и т.н..

Текучеството на персонала понякога е неизбежно, а причините са най-разнообразни. Пренебрежителното и неуважителното отношение или оцетяването, са твърде често срещан повод за смяна на работата. Напускането може да бъде и следствие от: преминаване на друга длъжност или от драматично стесняване на йерархията в организационната структура (свиване на дейността). Среща се твърдението [4], че особеност на българина е неговата индивидуалност, поради което той не обича да има началник и бърза да напусне, щом се сдобие с необходимите опит и контакти.

Проучвайки различни информационни източници и актуалните тенденции в практическата реалност, свързани с напускането на персонала, прави впечатление обособяването на текучеството на два основни вида – *физическо и психологическо*.

При физическото текучество, персонала *реално напуска* организацията. При него действително може да се оцени броя на напускащите, докато при психологическото напускане, е трудно да бъде направена оценка, поради *скритата форма*. В този случай персонала не напуска видимо организацията, но фактически излиза от нея, самоизключвайки се от организационната дейност - чрез пасивна съпротива или скрито възпрепятстване на работата (саботаж). Служителите присъстват физически, но мисловно отсъстват. При психологическото напускане, трудът на служителите не е пълноценен, защото те извършват само най-необходимите задачи през работното време и незадоволително изпълняват другите си задължения. Скритото текучество на персонала не се отразява документално, но може да нанесе значителни щети върху производителността на труда [5, 6].

От гледна точка на мениджмънта на човешките ресурси, текучеството е един от основните проблеми през XXI век, особено когато значително превишава нормалните нива.

*Негативните последици в резултат на драстично повишеният процент на текучество се изразяват в следното:*

- Нанасяне на сериозна *вреда върху имиджа на организацията* на трудовия пазар;

- Извънредни *икономически и социални разходи*, появяващи се от момента на напускане и във времето след това. Включително *разходи* за стартиране на процедура по осигуряване на нови подходящи хора за свободните работни места, за *адаптация и евентуално обучение на новите служители*.

- *Влошаване на качеството на труд;*

- *Понижаване на производителността на труда;*

- *Нарушаването на психологическия климат в колектива и др.*

В контекста на управлението на човешките ресурси, силната репутация на организацията влияе върху броя и качеството на кандидатите за работа, което на свой ред позволява да се направи подбор на по-квалифицирани служители. Привличането и задържането на таланти човешки ресурси може да осигури на организацията устойчиво конкурентно предимство. От особено значение е ефекта на положителния имидж на

организацията, като работодател, върху наличния персонал. Влиянието на положителната корпоративна репутация върху благоприятните нагласи и съответно поведения на служителите (ангажирани към организацията, удовлетворение от работата и ниско текучество), има солидна теоретична и емпирична основа. По този повод, според някои автори, тя може да се използва за предвиждане на удовлетворението и лоялността на персонала [7, 8].

Проучване направено от американското Министерство на труда показва, че разходите за попълване на една овакантена позиция възлизат на една трета от нейното заплащане. При това, замяната на мениджър или технически специалист може да струва от 50 до 300 % от годишната заплата за длъжността, която заема. *В тези стойности се включват:* разходи за реклама, за комисионни на „хедхънтърите”, времето на мениджъра за вземане на решение и това на отдела по управление на човешките ресурси за осъществяване на набор, подбор и обучение. Това включва и разходи за извънреден труд на останалите служители, които трябва да поемат натоварването, загуба на производителност, намалени продажби, влошен морал на служителите, намаляване цената на акциите и неудовлетворени клиенти. Въпреки, че тук се включват директни и индиректни разходи, този списък в никакъв случай не е изчерпателен и всеобхватен [9].

Негативно последствие, в резултат на текучеството е необходимостта от набиране и подбиране на нов персонал, което е дълъг и скъпоструващ процес. Още от първият ден на назначаване на новият служител, организацията изразходва средства, поради което, в неин интерес е той да не напусне длъжността в рамките на първите три месеца, каквато негативна тенденция се забелязва в България.

Освен различните по характер негативни последици, текучеството на персонала може да се разглежда и от положителна гледна точка. *Положителният момент в резултат от текучеството на персонала е въвеждането на ред в системата на предприятието и дейността, която е насочена към трудовия процес.* Други ползи могат да бъдат, търсени в създаването на възможности за регулиране на социално-демографската структура на персонала; за реализиране на кариерните планове на други служители и т.н.. В тази връзка, изследователите Лейзър и Гибс [10] посочват, че: *„Важна полза от текучеството е, че то носи нова „кръв” в организацията. Новите служители най-вероятно ще имат нови прозрения, ще привнесат различни гледни точки*

*и ще разбират най-новите идеи и технология. Организационната промяна също има полза от текучеството, за да внесе нови идеи.”*

## **2. Управление на текучеството на персонала**

В практиката, повишеното текучество на персонала е много често срещан проблем. Една от възможностите за неговото преодоляване е въвеждането на мерки за регулирането му от мениджърите на висше равнище. *Управлението на текучеството на персонала се изразява в свеждането до минимум на противоречията между потребностите, интересите на служителите и конкретните възможности за тяхното удовлетворяване.* Целта е чрез организиране и провеждането на определени дейности, обединени в една обща програма за регулиране на текучеството, то да бъде овладяно.

Единна цялостна концепция и технология за управление на текучеството на персонала е трудно да бъде представена, тъй като подходът в различните отрасли е специфичен. В общият случай, текучеството на персонала може да бъде управлявано на основата на мониторинг по определени показатели с отчет на посочените в т. 1 фактори.

### **2.2. Регулиране на текучеството**

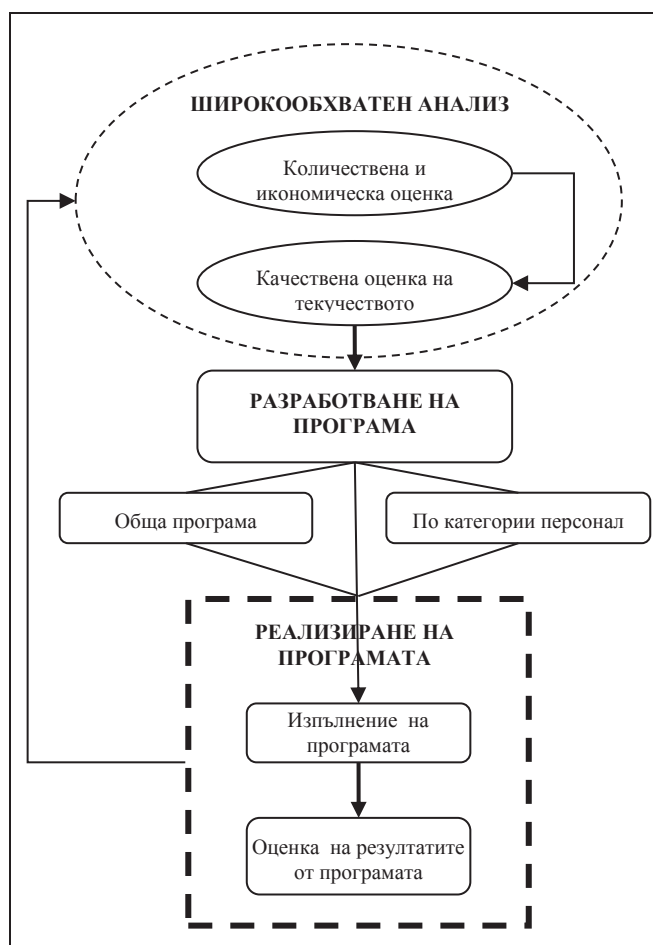
Текучеството може да се регулира чрез въвеждане и спазване на последователност от дейности (насочени към стабилизиране на общото състояние на организацията), разпределени по етапи. Мерките по регулиране на текучеството трябва да са в резултат на обстоен анализ на причините, след което да се пристъпи към провеждане на определен набор от дейности.

*Процесът по регулиране на текучеството трябва да съдържа последователност от дейности, разпределени по етапи, които очертават постигането на целта. Към тях се включва разработката и реализирането на програма за управление на текучеството в организацията (Фиг. 2):*

- *Количествена и икономическа оценка на текучеството на персонала, чрез изчисляване на коефициента за текучество.* За управлението на текучеството на персонала, голямо значение има събирането и анализа на информацията. На този първи етап задължително условие е осъществяването на широко обхванат анализ на динамиката на трудовите показатели (например: съществуваща система за заплащане и стимулиране на персонала, възрастта на

служителите, психологическия климат в колектива, взаимоотношенията между сътрудниците, разпределението на задачите спрямо длъжностите, социално осигуряване и др. в отделите на организацията. Могат да се използват различни методи за оценка, но големият брой влияещи фактори биха затруднили анализа. Времеви период на анализ трябва да обхваща последните няколко години и да изяснява наличието и размера на сезонните колебания на текучеството. На този етап е препоръчително да се търси отговор на въпроса: „Какъв е диапазона на текучеството и какви са настоящите и бъдещите икономически загуби за организацията?“

Текучество, което е в размер от 3 до 5 % не би трябвало да се счита за негативно, тъй като професионалната мобилност се формира под въздействието на различни фактори като: спецификата на конкретния отрасъл, технологията на производство, трудоемкостта, сезонност на работата, стил на ръководене, организационната култура и др. [10].



Фиг. 2. Процес по регулиране на текучеството

- Качествена оценка за изясняване на причините, факторите и мотивите за напускане на персонала. Предвид

възможностите за целенасочено въздействие, факторите се отчитат като: *напълно управляеми* (работната среда и др.), *частично управляеми* (удовлетвореност на колектива, взаимоотношенията, формите за мотивация – ниска работна заплата, лоша организация на труда, неритмичност в работата, неприемливи условия на труд, неудовлетвореност от заеманата длъжност и др.), както и *неуправляеми фактори* (природа, климат и т.н.).

- *Разработване на програма (обща и по категории персонал) за регулиране на текучеството*, насочена към нормализиране на процеса по освобождаване на работещите в организацията лица, по групи дейности:

- *Технико-икономически дейности*: подобряване на техническата осигуреност на работата; повишаване на степента на механизация и автоматизация; усъвършенстване на системата за материално стимулиране; подобряване на условията на труд, т.н.;

- *Организационни дейности*, като: повишаване на отговорността на ръководителите; подобряване на трудовата дисциплина; усъвършенстване на системата за обучение и повишаване на квалификацията на персонала; усъвършенстване на процеса по набиране и подбиране на кадрите и т.н.;

- *Социално-психологически дейности*: увеличаване на обема на социалните програми; подобряване на системата за морално поощряване; усъвършенстване на методите на ръководене и т.н..

- *Изпълнение на програмата от дейности за намаляване на текучеството*;

- *Оценка на резултатите от програмата за регулиране на текучеството*. За да се установи ефекта от програмата, след нейното въвеждане е от изключително важно значение да се направи *сравнителен анализ между разходите за извършване на определите дейности и загубите от увеличеното текучество*. Ако разходите по усъвършенстване на текучеството чрез въвеждане на предложената програма надвишават първоначалните, които са били преди нейното въвеждане, следва да се търсят други варианти за усъвършенстване.

### 3. Заключение

Управлението на текучеството на персонала е от съществено значение за съвременния мениджмънт на човешките ресурси. Пред организацията в България се появяват сериозни предизвикателства, които се изразяват в *необходимостта от създаване на дългосрочни планове за развитие на*



организацията, планиране на средства кариерно развитие на персонала, минимизиране на издръжката и негативното въздействие на нежелателните и непланираните напускания.

През 2015 г. ситуация в нашата страна продължава да бъде сложна, поради липсата на икономически растеж. Според данни от Националния статистически институт, отразени в публикации на информационни агенции „Mediapool“, „Offnews“ и „Vesti“ [11, 12, 13], населението в трудоспособна възраст в България намалява, въпреки че възрастта за пенсиониране се увеличава. Периодичните проучвания осъществявани от Националния статистически институт (НСИ) показват, че в трудоспособна възраст са 4,47 млн. души (между 15 и 64 години) или 61,7% от населението, което е с намаление от 0.3 % спрямо предходната година. Отчитайки намаляващият брой на трудоспособното население и встъпването в трудови отношения на ограничен брой младежи със силно завишени изисквания и специфична мотивация за труд, ситуацията на пазара на труда е твърде сложна. Според „Mediapool“, по данни от НСИ, през 2013 година на всеки 100 души, навършили възрастта за пенсиониране, са се падали едва 62 младежи готови за труд. Докато през далечната 2001 г. на мястото на всеки 100 напускащи са се появили 124 млади хора. *За организациите ще бъде много важно да поддържат нивото на текучеството в оптимални норми* (например от 5 до 10% [14] в зависимост от целите, стратегията, предмета на дейност и др.), *тъй като за тях биха последвали, времеви и икономически разходи с негативно въздействие.* В тази връзка, българските организации трябва да формулират персонална политика, чрез която да изпълняват своите социални отговорности към работещите и отношението си към тях. Програмите за регулиране на текучеството биха им помогнали да задържат персонала за по-дълъг период от време.

В заключение трябва да се отбележи, че текучеството на персонала, почти винаги е индикатор за наличието на сериозни недостатъци в мениджмънта на човешките ресурси. Осигуряването на устойчивост във функционирането на организацията може да се постигне чрез използването на програма за управление на текучеството, с отчет на спецификата на предмета на дейност.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ministerstvo na truda i sotsialnata politika, (2014). *Aktualizirana Natsionalna strategiya za demografsko razvitie na naselenieto v Republika Balgariya (2012 g. – 2030 g.)*. Available at: <[http://www.mlsp.government.bg/bg/docs/DEMOGRAPHIC%20STRATEGY\\_Update.pdf](http://www.mlsp.government.bg/bg/docs/DEMOGRAPHIC%20STRATEGY_Update.pdf)>.
2. Nikolov, Y.E., NovaVizia.com, (2015). *Tekuchestvoto v balgarskite kompanii – menidzhm"nt, biznes i profesionalno razvitiye*. Available at: < <http://www.novavizia.com/tekuchestvoto-v-blgarskite-kompanii/>>.
3. Ayukhanova A.I. (2014). *Upravleniye tekuchest'yu personala na primere kommercheskogo Banka Bashkirskogo otdeleniya №8598 OAO „Sberbank Rossii“// Materialy VI Mezhdunarodnoy studencheskoy elektronnoy nauchnoy konferentsii «Studencheskiy nauchnyy forum»* Available at: <<http://www.scienceforum.ru/2014/519/842>>.
4. Btvnovinite.com (2014). *Spravedlivata otsenka na kachestvata – vodeshta v motivatsiyata za rabota*. Available at: <<http://btvnovinite.bg/article/bulgaria/obshtestvo/spravedlivata-otsenka-na-kachestvata-vodeshcha-v-motivatsiyata-za-rabota.html>>.
5. Ayukhanova A.I. (2014). *Upravleniye tekuchest'yu personala na primere kommercheskogo Banka Bashkirskogo otdeleniya №8598 OAO „Sberbank Rossii“// Materialy VI Mezhdunarodnoy studencheskoy elektronnoy nauchnoy konferentsii «Studencheskiy nauchnyy forum»* Available at: <<http://www.scienceforum.ru/2014/519/842>> [Accessed 11 March 2015].
6. Slovar' rechnik upravleniye personalom. (2015). Available at: <<http://psyfactor.org/personal18.htm>>.
7. Davies, G. (2008). Employer branding and its influence on managers. *European Journal of Marketing* 42(5/6), pp. 667-681.
8. Slavyanska, V. (2012). *Tekuchestvoto na personala kato organizatsionen fenomen*. Godishnik na Burgaski svoboden universitet, tom KHKHVII, s. 57-90, Burgas.
9. Lazear, E. P. (2009). *Personnel economics in practice* / Edward P. Lazer, Michael Gibs, 2<sup>nd</sup> ed., 117-148 p. John Wiley & Sons, Inc.
10. Skavitin, A. V. (2014). *Metodicheskiye podkhody k upravleniyu tekuchest'yu kadrov*. Available at: <<http://www.aup.ru/articles/personal/2.htm>>
11. Mediapool.bg. (2014) *Namalyava naseleniyeto v trudospobna vazrast*. 07.05.2014

Available at: <<http://www.mediapool.bg/namalyava-naselenieto-v-trudosposobna-vazrast-news219916.html>>

12. Offnews.bg (2014) *Naseleniyeto v trudosposobna v"zrast namalyava*. 07.05.2014, Available at: <<http://offnews.bg/news/>>.
13. Vesti.bg (2014) *NSI: Naseleniyeto prod"lzhava da namalyava*. 17.04.2014, Available at: <<http://www.vesti.bg/bulgaria/obshtestvo/nsi-naselenieto-prodylzhava-da-namaliava-6010108>>.
14. Peycheva, M. (2005). Model za odit na tekuchestvoto na personala. *Ikonomicheski alternativi*. Ikonomicheski alternativi, 6.

#### Контакти

Адрес: бул. Климент Охридски, 8  
Катедра Икономика, индустриален  
инженеринг и мениджмънт  
Стопански факултет  
Технически университет-София  
1000 София

E-mail: sv-b@hotmail.com



## РОЛЯТА НА МЕНИДЖЪРА ЗА ПОСТИГАНЕТО НА УСПЕХ В СПОРТНАТА ДЕЙНОСТ

КИРИЛ АЛАДЖОВ, СВЕТЛАНА БОРИСОВА

**Резюме:** Дейността на мениджъра в спортната организация е насочена професионално към постигане на организационните цели, чрез рационално използване на материални, трудови и информационни ресурси. Мениджмънта в спорта, не се отличава съществено от мениджмънта в една стопанска организация. В нея значима роля има мениджърът, заемащ ръководна длъжност, осигуряващ качествено изпълнение на работата и притежаващ определени пълномощия по отношение на вземането на управленски решения по въпроси свързани с функционирането на организацията.

**Ключови думи:** мениджър, роля, спортна организация, спортна дейност, мениджмънт

## THE ROLE OF A MANAGER FOR SUCCESSFUL SPORTS ACTIVITIES

KIRIL ALADJOV, SVETLANA BORISOVA

**Abstract:** The activity of the sport manager is aimed primarily to achieve the organisation's objectives through rational use of material, labor and resources. Sports Management does not differ significantly from the well-known management in a business organization. For a professional sport organization, the management is carried out in a dynamic market environment. In those organizations the role of the Sport Manager is critical, who acts as a senior executive, providing quality work performance and having certain decision power on issues related to the functioning of the organization.

**Key words:** manager, role, sports organization, sports activities, management

### 1. Основни положения

Мениджмънта в спорта обединява теорията и практиката в областта на ефективното управление на организациите в спортния отрасъл, поради което тази проблематика е изключително актуална.

Предвид факта, че управленската дейност е един от най-важните фактори за успешното функциониране и развитие на спорта, то ролята на мениджъра заслужава особено изследователско внимание.

Спортните мениджъри трябва да проявяват самостоятелност и отговорност за взетите решения и техният професионализъм се

мултиплицира в технологията на управление на организацията в съответствие с пазарните предизвикателства. Умението да се организира работата на колектива и да се прогнозира развитието на организацията също се свързват с професионализма на спортния мениджър.

Определянето на целта на тази публикация е своеобразна опорна точка, чрез която да се направи характеристика на съвременния български спортен мениджър и да се открие ролята му за постигането на успех в спортната дейност. Във функционалното направление спорт, различните дейности, са еднакво значими за всички, които работят в тази

област – спортно-педагогически (треньорски) кадри, учители по физическо възпитание, инструктори, преподаватели.

## **2. Място и роля на мениджъра в спортната организация**

Спортната организация е предприятие, осъществяващо специфична дейност в спортната област, основано на целите, които са свързани със спортните мероприятия, подготовката на спортисти и участието им в състезания, образование и други видове дейности, непосредствено свързани със спорта [1].

Спортната организация има определена вътрешна структура, основана на спецификата на различните видове спорт, поради което съществуват някои различия в управленската дейност.

Най-съществените функции на спортната организация се основават на установяването на общата, ключова цел отразяваща най-важните направления на нейното функциониране. Поради това, един от актуалните проблеми на спортния мениджмънт може да се счита именно установяването на целта, поради която спортната организация се създава и функционира [2]. Общото определение за целта се свързва с желаният краен резултат, към който се стреми спортната организация във времето на своето съществуване.

Смисълът, който се влага в думата „мениджър“ също не е без значение, защото той осъществява управленската дейност и решава важни организационни задачи. Появата на спортния мениджър като професия може да се свърже с възникването на длъжността на ръководителя на спортната организация. Спортният мениджър е специалист, който владее изкуството на управлението, заема ръководна длъжност в спортната организация и има правомощията да взема управленски решения [2]. Тези решения могат да бъдат свързани с предоставянето на атрактивни спортни услуги, подготовката и реализацията на висококвалифицирани спортисти и т.н..

Във връзка с управленските решения, авторът П. Ганчев посочва, че „Процесът на вземане на решения включва всички действия на субекта на управление (органи и звена в управлението на организацията), чрез които се подготвят, вземат и реализират управленските решения” [3]. Спортният мениджър трябва да проявява самостоятелност и готовност за взетите решения, особено в често появяващите се ситуации на неопределеност. Той трябва да бъде наясно с технологията на управление на

спортната организация и да познава общите законови рамки, да осъществява ефективната управленска дейност и не на последно място да прогнозира развитието на организацията и персонала.

Организирането, управлението и провеждането на учебно-тренировъчна и спортно-състезателна дейност, в недалечното минало, се обезпечаваше от служители в администрацията на тогавашните „Дружества за физкултура и спорт” (ДФС). По принцип, това бяха държавни спортни организации. В тези дружества се развиваше широко-обхватна дейност в две направления – физкултурна и спортна дейност. Физкултурната дейност беше насочена предимно към масовият, аматьорски спорт, известен още като „масов спорт” или „спорт за всички”. Типичната спортна дейност, в тези дружества, беше присъща на организирания спорт, ориентиран целенасочено към високо спортно майсторство, чрез което дружествата отчитаха успехите или неуспехите в своята работа. В дружествата имаше отдели, които отговаряха за организацията и провеждането на физкултурната и спортна дейност. В днешно време, в организирания спорт, свързан с високото спортно майсторство важно място е отделено на длъжността „спортен мениджър”. За работата на мениджъра е от изключително значение рационалното използване на информационните, материалните и трудовите ресурси. Неговите задължения и отговорности са в пряка взаимовръзка с дейността на спортния клуб, отбора или отделния спортист, от вида спорт, статута на неговите служители, равнището на развитие на спорта в региона и не на последно място от неговото йерархично ниво.

Като специфична управленска дейност, мениджмънта в спорта не се отличава съществено от мениджмънта в стопанската организация.

Чрез различни подходи трябва да се търси и определя ръководната дейност на спортните мениджъри като успешна или неуспешна. Най-голямо приложение могат да намерят, например [4]: поведенческият подход и ситуационният подход.

От мениджърите се очаква да бъдат добри ръководители, притежаващи определен набор от умения и знания, които са от важно значение при изпълнението на задачите, поставени в спорта. Поведенческият подход показва, как ефективното управление се осъществява въз основа на личностните качества на мениджъра-ръководител (интелект, инициативност, образование, увереност,



честност, добър външен вид и т.н.), както и на неговото отношение към хората, с които работи. Това е от особено значение за изграждане на сътрудничество. При този подход, акцент се поставя върху фактичното поведение на мениджъра, който се стреми да въздейства върху поведението на хората по такъв начин, че да се насочи работата им към постигане на целите на организацията.

Управлението, в спортната дейност, е възможно да се проучи и от гл. т. на *ситуационния подход*. При този подход, мениджърската дейност и респективно, поведението на мениджъра, се определят от целите, функциите на управление и управленските звена, методите, които се прилагат и управленските решения. В следствие на това, се постига конкретен резултат.

Ситуационният подход възниква от реалния опит на мениджърите и варира в зависимост от конкретните обстоятелства на ситуацията. В тази връзка, спортните мениджъри решават какво и как да се прави и могат да преценяват дали възложените задачи са изпълнени и са постигнати целите.

Важно е да се отбележи, че както във всяка една стопанска организация, така и в спортната, съществува разделение на труда и спортният мениджър трябва да взема адекватни решения за различните ежедневни ситуации. Това е предпоставка, мениджърите в спортните организации да имат редица съществени функции. Като специфична комплексна управленска функция, ръководната дейност (ръководенето) включва в себе си и други подфункции [3]:

- *Планиране, организиране и контролиране на дейността на отделните звена* в йерархическата структура на организацията;

- *Стимулиране, оценяване и на тази основа мотивиране на дейността на отделните сътрудници, посредством взаимодействие* между ръководител и изпълнители. В спорта, стимулите могат да бъдат материални и морални, предназначени да поощряват за изпълнение на конкретни задачи, чрез които да се търсят и постигат високи спортни резултати.

Както става ясно, нито една организация, в т.ч. и спортна, не може да съществува без мениджъри. Причините за това са съществени и са свързани със следните обстоятелства [5]:

- Мениджърите са необходими за нормалното осъществяване на дейността на всяка една организация;

- Подпомагат взаимодействието между отделните дейности, изпълнявани в рамките на организацията;

- Активно участват в разработването на стратегията на спортната организация;

- Мениджърите са основното информационно звено между организацията и външната среда;

- Мениджърите имат формална отговорност за резултатите от дейността на организацията и т.н.

Спортът поставя специфични изисквания към мениджърите с акцент върху притежаваните от тях компетенции. Успеха на мениджърите в спортната дейност се свързва с компетентността, уменията и способностите им. Компетенциите могат да се обособят в три основни групи [6]:

- *Техническа компетентност* – изразява се в съвкупността от знания по отношение на организацията, ресурсите, технологиите и др.

- *Социални умения* – свързани са с координирането, комуникациите, лидерството, мотивирането на хората и др.

- *Концептуални способности* – отнасят се до аналитичните и творческите възможности по отношение на поставяне на цели, планиране, оценка на ресурсите, вземане на стратегически решения и др.

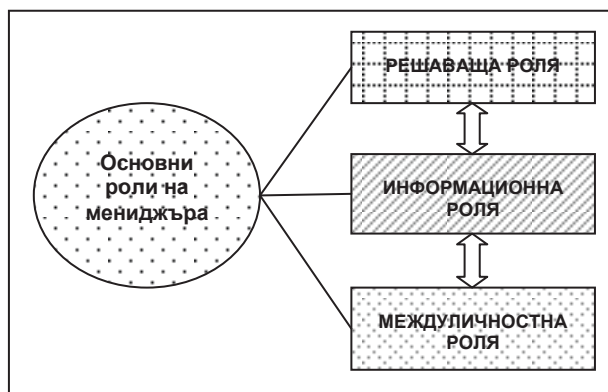
Проучвайки и анализирайки специфичната дейност на мениджърите, е видно, че в организацията те имат разнообразни функции, които определят ролите им. Като най-съществени се открояват 3 (три) роли, илюстрирани на Фиг. 1[7]:

1. *Решаваща роля*. Тя е свързана с вземане и реализиране на управленски решения, които зависят от вида на проблема, ресурсната осигуреност и времевите условия. Времеви условия могат да бъдат с ограничително значение в процеса на взимане и изпълнение на решението и отстраняване на специфичните за спортната дейност проблеми.

2. *Информационна роля*. Тази роля е свързана с това, че всеки ръководител е водеща фигура при получаване на разнообразна, текуща и специализирана информация, в областта на спорта. Мениджърите събират актуална информация от вътрешната и външна среда на спортната организация, като в зависимост от важността ѝ, я свеждат до знанието на персонала.

3. *Междудличностна роля*. Мениджърът, в качеството си на ръководител на спортната организация, установява контакти вътре и вън от организацията. Спортният

менеджър мотивира членовете на колектива за да се постигнат целите, координира работата и представя организацията при взаимодействието ѝ с другите сродни такива. В своята рутинна работа те прилагат различни подходи за въздействие върху служителите, които са на по-ниско ниво в йерархията, в стремеж към постигане на поставените цели.



Фиг. 1. Роли на мениджъра в спортната организация

Отделните роли взаимно се допълват една с друга, тъй като междуличностните отношения са свързани с пълномощията и статуса на мениджъра. Съвместните междуличностни и информационни роли помагат на ръководителя за своевременното вземане на решения. От мястото в йерархията на организацията зависи, кои роли се изпълняват по-често. За да се развие успешно всеки един мениджър е важно той да може да изпълнява и трите основни роли [8].

### 3. Заключение

В заключение трябва да се отбележи, че различията между спортните и стопанските организации могат да се търсят, най-вече в спецификата на продуктите в спорта, които се създават в зависимост от целите на спортната дейност – рекордни постижения и спорт за всички. По принцип продуктите в спортната дейност, не са материални, както е например в производствените сфери, поради което ефективността в спорта се измерва с постигането на спортни успехи, рекордни резултати и победи на спортния терен. От тук произлиза и наличието на специфична организация и структура на спортния мениджмънт. [9].

Ролята на мениджъра е ключова в спортната организация, функционираща в условията на непрекъснато променяща се пазарна икономика. Функционалният подход

обяснява дейността на ръководителя по модела на А. Файол за общите функции на управленския процес, а именно: планиране, организиране, ръководене и контролиране [10]. Обхвата на въздействие на успешният мениджър върху сътрудниците е в рамките на правомощията на заеманата длъжност посредством стимули, чрез които да въздейства върху другите, за да се получат желаните от него и полезни за организацията резултати. Не на последно място, за да управлява успешно един мениджър, трябва да планира, организира, контролира и ръководи. Когато спортният мениджър успява добре да използва човешките и другите видове ресурси, неговата ефективност се повишава и благоприятства добрия имидж на организацията.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Birzha frilansa (2013). *Menedzhment v sportivnoy organizatsii*. Available at: <[http://student112.ru/index/menedzhment\\_v\\_sportivnoj\\_organizacii/0-114](http://student112.ru/index/menedzhment_v_sportivnoj_organizacii/0-114)>
2. Kemmers G G. (1991). Sportivnyye kluby i ikh vklad v fizicheskoye razvitiye. *Sport dlya vsekh*, TiPFK, № 2.
3. Ganchev, P. (2008). *Osnovi na menidzhm"nta*, str. 181, Softreid, Sofia.
4. Psylist.net. (2015) *Vypolneniye roli rukovoditelya soglasno teorii rukovodstva*. Available at: <<http://psylist.net/uprav/teor.htm>>
5. Studopediya. (2015). *Mesto i rol' menedzhera v organizatsii*. Available at: <<http://studopedia.org/8-93692.html>>
6. Kolchagova, B. (2009) *Menidzhm"nt na choveshkite resursi*. Str. 115, King, Sofiya
7. Pereverzin, I. I. (2003). *Sovremennyy Rossiyskiy sportivnyy menedzher i model' yego podgotovki. Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, Nauchno-tekhnicheskij zhurnal, № 5
8. Yankulov, Ya. (2015). *Roli na menidzh"ra*. Available at: <http://www.e-training.bg/bgr/roli-na-menedzhra>
9. Kalaykov, Y. (2005). *Menidzhm"nt v sporta*, str. 8, NSA Vasil Levski, Sofia.
10. <http://www.novavizia.com/desette-menedzharski-rol-na-henri-mincbarg/>

Контакти

E-mail: sborisova@tu-sofia.bg

Адрес: бул. Климент Охридски, 8

Катедра ИИИМ, СФ, ТУ-София

E-mail: kirilaladjov@hotmail.com



## РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ЗА ОЦЕНКА НА РАБОТОДАТЕЛИТЕ

ТОНИ МИХОВА

**Резюме:** В статията се разглежда същността на рейтинговата система за оценка на работодателите в България, като са посочени нейните цел, задачи, етапи и право на участие. Авторът е направил опит да формулира някои насоки за усъвършенстване на системата, на база на изводите от проведено собствено изследване относно отношението на работещите в българските предприятия към този нов инструмент за оценка на работодателите.

**Ключови думи:** количествени и качествени показатели, икономическо състояние на работодателя, социална отговорност, условия на труд за служителите..

## EMPLOYER RATING EVALUATION SYSTEM

TONI MIHOVA

**Abstracts:** This article tackles the essence of the rating evaluation system for employers in Bulgaria, specifying its objectives, tasks, stages and participation rights. The author made an effort to draft certain guidelines for the improvement of the system, based on the conclusions of the carried author's survey concerning the attitude to this new tool for evaluating employers on the part of the workers employed in Bulgarian enterprises.

**Key words:** quantitative and qualitative indices, economic status of employer, social responsibility, working conditions of employees.

### 1. Въведение

В специализираната литература има редица материали за оценка на трудовото представяне на работниците и служителите – стратегии, политики, методи, техники, процедури [1]. Малко са публикациите, свързани с теоретизирането на проблема за оценка на работодателите, по-точно, те представляват отделни статии за негативните прояви на работодателите. Ето защо, въпросът за създаването на рейтинговата система за оценка на работодателите е от изключителна важност за нашата социално-икономическа действителност.

Целта на статията е разкриване на същността на този нов инструмент за оценка на работодателите, посочване на резултатите от изследването за отношението към него и на тази

база, формулиране на изводи и насоки за усъвършенстването му.

### 2. Същност на рейтинговата система за оценка на работодателите

Рейтинговата система за оценка на работодатели РеСОР е разработена в продължение на две години в рамките на проект „Сигурност чрез закона, гъвкавост чрез колективното трудово договаряне” по ОП „Развитие на човешките ресурси“, осъществяван от КНСБ, в партньорство с Българската Стопанска Камара (БСК). Тя е интегрирана към създадената от БСК информационна система за оценка на компетенциите MyCompetence [2].

Всяка година български предприятия от двайсет и три сектора ще участват в рейтингова система за оценка на работодателите. За

изработката на самия рейтинг са ползвани данни от публични източници и Информационната система на българските предприятия на БСК.

Рейтинговата оценка е секторна, т.е. сравненията са между предприятия от сродни икономически дейности. Оценката се осъществява за предприятията от материалното производство на реалния сектор на икономиката, като не са включени дейностите по операции с недвижими имоти, административни и спомагателни дейности, хуманно здравеопазване и медико-социални грижи и др.

Идеята е резултатите от рейтинговата система да бъдат обявявани ежегодно, за да бъдат точен ориентир както за дружествата - партньори, така и за търсещите работа и професионална реализация. Всеки зает в икономиката или потенциален участник в икономиката би могъл да влезе и да види на всички предприятия, каква е тяхната оценка по съответните параметри.

### 2.1. Цел

Формиране дългосрочна политика за сигурни инвестиции, които да доведат до разкриването на работни места, като се поставя приоритет върху създаването на устойчиви и сигурни работни места с висока добавена стойност.

### 2.2. Задачи

- насърчаване на добрите практики, коректните и социално-отговорни работодатели на база данни за икономическото състояние на работодателя, социалната му отговорност, както и условията на труд за служителите;

- посочване на некоректните и недобросъвестни работодатели към своите служители.

### 2.3. Етапи

На първия етап от развитието на системата, работодателите се оценяват само по количествени показатели, на база официалните им финансови отчети, вкл.: брой работници и служители, разходи за заплати и социални осигуровки, годишен оборот, декларирана печалба преди данъци, данък печалба. Използват се показатели за рентабилност, ефективност, финансова автономност, обръщаемост, управление на човешките ресурси. В първия етап се използват данни от НСИ, НОИ, Агенция по приватизацията и Агенция по вписванията.

На втория етап от разработването на системата в оценката ще бъдат включени и качествени показатели, свързани с вида и

развитието на инвестициите, разширяването на продуктовата листа, нивото на внедряване на иновации, корпоративната социална отговорност и др. В оценката на втория етап ще могат да участват и работодатели, и заети в съответните предприятия, като по този начин ще се осигури 360-градусово оценяване на компаниите.

### 2.2. Участници

За рейтингова оценка и включване в рейтингова класация може да кандидатства всяко предприятие от сектори С до J по класификацията на икономическите дейности, като за целта е необходимо да се попълни онлайн формуляр.

На какъв етап е разработена рейтинговата система за оценка на работодателите?

Идеята на РеСОР е освен публичния рейтинг, който се базира на обективни данни, към него да се добави и субективната оценка, която ще бъде направена, вземайки предвид мнението както на мениджмънта, така и на служителите. На ежегодна база данни ще се представят пред обществеността кои са предприятията отличници - които се грижат не само за собственото си развитие, но и за човешкия капитал вътре в тях.

В извадката има 4365 предприятия, като са обхванати 23 сектора в реалната икономика.

Данните, които са обобщени в изследването са взети от Националния статистически институт, Агенцията по вписванията, Агенцията по приватизация и следприватизационен контрол и други.

Критериите, които са залегнали в оценката, са: рентабилност, ефективност, финансово състояние и автономност, обръщаемост на капитала, внедряване на иновации, корпоративна социална отговорност и други. В критериите влизат още ниво на разходи за труд, текучество на персонала и т. н.

По своята същност, рейтинговата система е един сериозен инструмент за оценка на предприятията, който може да служи за ориентир при вземане на решения от бъдещи партньори и работници.

В изследването са представени и оценките на предприятията в някои сектори на икономиката, като в отделни графи са показани съответно трите най-добри и трите предприятия с най-лоши оценки в съответния отрасъл.

Интерес представлява класирането в сектора на информационните технологии и информационни услуги. Докато на първо място е компанията за производство на софтуер за



мобилни платформи "Мобайл Системс", на дъното е гигантът "Телерик", която само преди няколко месеца е продадена за 262 млн. долара.

На първо място в областта на търговията е класирана компанията на братята Домусчиеви "Хювефарма", а на последно - "Мирков Импорт" и "Хелд Фрида".

При добивните предприятия на първите три места са "Асарел-Медет", "Дънди Прешъс Метъл", "Елаците МЕД", на последно са Мина "Черно море Бургас", "България флуорит" и "Пирин Ораново".

В областта на хранителните продукти, напитки и тютюневи изделия в първата тройка са "Амилум България", Захарен Комбинат Пловдив и Цима 99. На последно са "Митак", Хлебни изделия "Възраждане" и "Леденика" България [3].

Това накратко са основните моменти, определящи същността на рейтинговата система за оценка на работодателите в България.

### 3. Резултати от изследването

Изследването е проведено чрез анкетиране на 2123 работници и служители от 100 средни и големи предприятия. Предприятията са от секторите за „Производство на хранителни продукти“, „Производство на напитки“ "Производство на облекло", "Производство на хартия, картон и изделия от хартия и картон", "Печатна дейност и възпроизвеждане на записани носители", "Производство на химични продукти", "Производството на основни метали", "Производство на електрически съоръжения", "Производството на компютърна техника, електронни и оптични продукти" и "Производство на машини и оборудване с общо и специално предназначение". Те функционират в Южен централен район на планиране.

Участниците в изследването са избрани на случаен принцип, като 375 от тях са мениджъри на различни нива. Изследването е проведено в периода 19.01.2015 – 15.02.2015 г.

Първата група въпроси цели да проучи отношението на респондентите към важността на рейтинговата система за оценка на работодателите. Анализът на резултатите от изследването показва следното:

- 61% от анкетирания я определят като изключително важна и полезна за всички участници в икономиката;

- 17% са отговорили, че „по-скоро не смятат, че тази система е важна и „полезна“;

- 22% не са изразили мнение.

Втората група въпроси е насочена към проучване, до каква степен респондентите са запознати със същността на РеСОР. Оказва се, че сравнително висок процент – 32 не са запознати със същността на този инструмент за оценка /от тях 15% само са информирани, че съществува/. 22% твърдят, че са запознати в голяма степен, а 46% познават в малка степен същността на РеСОР.

Третата група от въпроси цели проучване на отношението на участниците към двата етапа от развитието на системата.

Одобрението на 73% анкетирани получава оценката на работодателя на основата на статистически данни - официалните данни в статистиката, НСИ и от други държавни институции, като 25% от тях са написали препоръка да се използват актуални данни. Останалите 27% не са отговорили. По отношение на втория етап, сравнително висок процент от участниците в изследването – 58% смятат, че по този начин няма да се изгради обективен рейтинг за качеството. Този рейтинг свързва редица параметри с управление на човешките инвестиции и ресурси, корпоративната социална отговорност, поддръжката на работните места [4].

Аргументите на респондентите се изразяват основно в неодобрение на доброволния елемент на участие и опасение от представяне на невярна информация или неучастие.

Четвъртата група въпроси се отнасят до изразяване на становища и насоки за рейтинговата система за оценка на работодателите. Анализът на резултатите от изследването показва следното:

- 56% одобряват идеята, но смятат че реализацията ѝ няма да е успешна, поради недостатъчна обективност на информацията;

- 21% предлагат вторият етап да е задължителен, като се включат въпроси свързани с бизнес-средата и управлението на конфликти;

- 23% не са отговорили.

Петата група въпроси е свързана с отношението към първите публикувани резултати за рейтинга на предприятията. Скептично се отнасят 20%, 22% не са отговорили и 58% мислят, че информацията е вярна и обективна.

### 4. Заключение

Ако обобщим резултатите от изследването, можем да систематизираме следните изводи:

- висока оценка от по-голямата част от участниците в изследването на важността и полезността на системата за дружествата-партньори и за търсещите работа и професионална реализация;

- непознаване от по-голямата част от респондентите на същността на системата за оценка на работодателите;

- неодобрение на втория етап от развитието на системата, изразяващо се в опасения от проява на голяма степен субективност при оценка на параметрите, свързани с качеството на работата;

- посочване на пропуск неочакването на бизнес-средата и управлението на конфликтите в предприятията.

Рейтинговата система за оценка на работодателите е нов инструмент за оценяване в българската социално-икономическа действителност – с ясно определени параметри. Основният въпрос е дали тази система действително ще бъде ефективна и ще изпълни своята цел. Имайки предвид дългосрочността на този вид оценяване, бихме резюмирали следните насоки за успешното реализиране на добрата идея:

- осъществяване на инициативи за популяризиране на целта на РеСОР в българските предприятия;

- достоверност и актуалност на информацията, използвана на първия етап от развитие на системата;

- в процеса на осъществяване на РеСОР, провеждане на комплекс от дейности, с оглед достигане на по-голяма степен на обективност при провеждане на втория етап от развитието на системата за оценка на работодателите;

- оценка на управлението на конфликти и бизнес средата на втория етап.

Като всяко ново начало и РеСОР има своите противоречиви и неясни моменти. Оценявайки важността и полезността на този нов инструмент за оценка са необходими подкрепата му и най-вече активни действия за усъвършенстването му и превръщането му в част от социално-икономическата реалност в България.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шопов, Д., Каменов, Д. и др., *Как да управляваме човешките ресурси в предприятието*, 2013 г., ИК "Труд и право", стр.326 - 394
2. *Рейтингова система ще оценява българските работодатели*, <http://www.manager.bg/>
3. *Оценяват работодателите по новому, питат и мениджмънта и служителите*, <http://news.ibox.bg/>
4. *Божидар Данев: Новата рейтингова система на работодателите обръща внимание на развитието на човешкия ресурс*, <http://www.focus-news.net/>

Адрес:

Department of Industrial management  
Technical University–Sofia, Branch Plovdiv  
25 Tsanko Dystabanov St  
4000 Plovdiv  
BULGARIA  
E-mail: expert2009@abv.bg



## МЯСТОТО НА БЪЛГАРИЯ В РЕИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯТА НА ЕВРОПА

ТОНИ МИХОВА

**Резюме:** В статията се разглеждат различните виждания за реиндустриализацията в България, като акцентът е върху някои отличителни черти на концепциите на поддръжниците и противниците на реиндустриализацията. Посочен е опита на други страни в реализацията на този процес. Авторът е направил опит да формулира изводи за мястото на България в реиндустриализацията на Европа.

**Ключови думи:** индустриална база, високотехнологични предприятия, индустриални зони, технологично обновление

## THE PLACE OF BULGARIA IN THE REINDUSTRIALIZATION OF EUROPE

TONI MIHOVA

**Abstract:** The article examines the different views on the reindustrialization of Bulgaria with the focus set on certain distinctive traits of the views of the supporters and opponents of reindustrialization. The gathered experience in this process from other countries is presented. The author tried to draw conclusions on the place of Bulgaria within the process of reindustrialization of Europe.

**Key words:** industrial base, high tech enterprises, industrial zones, technological renewal

### 1. Въведение

Дискусията за реиндустриализацията в България е свързана с опита на Европейската комисия (ЕК) за придвижване напред на основните политики, които биха могли да направят Европейския съюз по-добро място за бизнес, иновации и работни места. Желанието на Европейската комисия за реиндустриализация на икономиките на държавите-членки на съюза намира количествено изражение в целта делът на индустриалното производство от БВП да нарасне от сегашните 16% до 20% през 2020 г. Според ЕК, Европа трябва да подсили своята индустриална база, като ръстът в производството ще предизвика подем и в останалите сектори на икономиката. [1].

Съдейки по многобройните информации и анализи в пресата, можем да

кажем, че идеята за реиндустриализация в България се посреща с интерес от заинтересованите страни. От друга страна, внимателният прочит на изразените мнения на икономисти, експерти, политици в редица публикации относно реиндустриализацията в България дава възможност да ги определим като твърде противоречиви – от безрезервна подкрепа до пълното ѝ отричане. Това е и поводът за написване на статията.

Целта на статията е да анализираме основните концепции за реиндустриализацията, както и опита на други страни по отношение на осъществяването ѝ. Проведено е собствено изследване с представители на бизнеса относно мястото на България в реиндустриализацията на Европа.

## 2. Различни виждания за идеята за „реиндустриализация“

Задълбочено и аналитично изследване на същността на реиндустриализацията е направено в „Бяла книга за нова високотехнологична индустриализация 2015-2025 г.“ Според нас, в нея са дадени най-точни и ясни дефиниции на разглежданите понятия.

В най-общи линии като „реиндустриализация“ се характеризира процесът на увеличаване на относителния дял на индустрията в създаването на брунтата нова стойност в рамките на едно национално стопанство.

Под „реиндустриализация и нова високотехнологична (ВТ) индустриализация“ се разбира разширяване на индустриалната база на страната чрез създаването на нови високотехнологични предприятия, както и ревитализация на бивши индустриални предприятия и индустриални зони чрез рекапитализация, техническо и технологическо обновление [2].

### 2.1. Поддръжници

Основните тези на икономистите и експертите в подкрепа на реиндустриализацията са:

- реиндустриализацията е в състояние да доведе до повече работни места, което от своя страна ще повиши доходите, ще подобри осигурителната система и ще гарантира по-добра социална защита;

- не е възможно да има силна икономика, без индустрия и Европа не може да бъде реална икономическа сила без реиндустриализация;

- решението на проблемите се корени в целенасоченото провеждане на индустриална икономическа политика [3].

Доказателство, че индустрията е фундамент на икономиката на страните-членки на ЕС са следните данни:

- нейният относителен дял в обема на експорта на стоки е 75.6%, в общия обем на експорта 57.0%, в създаването на нова стойност 15.2%, в общия броя на заетите 14.4%, в разходите за научни изследвания и развойна дейност 65.3% и в разходите за иновации 49.3% [4].

### 2.2. Противници

Анализирайки тезите на противниците на идеята за „реиндустриализация“ сред българските икономисти и политици, можем

да обобщим техните основни аргументи по следния начин:

- относителният дял на българската индустрия в създаването на брунтния вътрешен продукт (БВП) е по-висок от средния за страните-членки на ЕС показател;

- отъждествяване на реиндустриализацията с национализацията; одържавяване и съживяване с публични средства на отдавна затворени, фалирали или закъсали частни компании, наливане на пари в неефективни и безнадеждно задлъжнели държавни фирми.

Противниците на „реиндустриализацията“ напълно пренебрегват факта, че по-високият относителен дял на индустрията в създаването на БВП се дължи главно на специализацията в трудоемки отрасли (текстил, облекло, кожени изделия, обувки) и в капиталоемки отрасли (производство на цимент, рафинирани нефтопродукти и неметални минерални суровини). Относителният дял на два от високотехнологичните сектори (машиностроене и химическа промишленост) в създаването на добавена стойност рязко намалява. Високотехнологичните стоки в българския експорт съставляват само 3% от неговия общ обем.

Това не означава, че секторът на индустрията не е перспективен, а Европа трябва да се примири с чувствителното си изоставане от САЩ, Китай и други бързо развиващи се икономики. Не означава, че европейската и българската индустрия не могат да са печеливши в бъдеще. Въпросът е има ли адекватен подход и доколко е смислена изкуствената намеса и опитите за контрол на естествените процеси.

### 2.3. Чужд опит

Какво показва опита на другите страни?

Връщайки се десетилетие назад, англо-американският модел тържествува над германския, който е обявен за остарял поради високия относителен дял на индустрията в създаването на БВП. Докато анализаторите чертаят мрачни прогнози пред Германия, тя се превърна в „локомотив“ на европейската икономика. Много държави изнемогнаха в условията на световна финансова и икономическа криза, други направо се сринаха, а германците отбеляза второ „икономическо чудо“. В основата на този успех е именно експортно-ориентираната индустрия [1].



Според авторите на "Бялата книга", пет са факторите за успеха на германския икономически модел, като на първо място това е силната индустриална база. Тя гарантира стабилност и висока степен на заетост. Не по-малко важно е, че има изградена високо ефективна мрежа, в която големи концерни си взаимодействат икономически с малки и средни фирми. На следващо място трябва да се отбележи, че германската икономика се задвижва от "вериги", включващи както индустриални фирми, така и такива, предоставящи услуги. На четвърто място е използването на възможностите на глобализацията за по-силна интеграция в световната икономика и на пето място – концентрацията на експортно-ориентираните индустриални фирми върху научноизследователска и развойна дейност, на развитието на нови технически средства и технологии [2].

Великобритания няколко пъти се справя със загубата на индустриални сектори и дори през 80-те години е сочена за пример за успешен преход към нови форми на заетост след залаза на тежки индустрии като машиностроене или металургия. След глобалната криза и принудителната спасителна национализация на редица банки нагласите започват да се променят. За половин век индустриалното производство на Британия спада от около 40 на 10% и превръща страната в „хартиен тигър“. На настоящия етап, основното усилие е да бъде удържана по-нататъшната миграция на производства и правителството предприема програма да помага на автомобилпроизводители като Хонда, Нисан, Ягуар и GM. Тези мерки са от „първо поколение“ и засега никой не приема потрудни решения като промяна в данъчната система с оглед стимулиране на производствата или пък нови инвестиции в инфраструктура, която ги подкрепя. Независимо от това, вече и трайно пристрастената към услугите стара Британия е част от клуба на реиндустриализиращите.

Треската на реиндустриализацията застига с пълна сила и САЩ. Критиците на предкризисния модел на развитие на страната почти единодушно определят загубата на индустриите като водеща причина за икономически и социален регрес. Президентът Светкавичната реакция на управляващите се изразява в стартирането на програма за връщане на работни места, по

която местния бизнес получава финансова подкрепа, ако върне в страната изнесени преди години работни места. [5].

### 3. Резултати от изследването

Изследването е проведено чрез анкетиране на 500 висши мениджъри, работещи във 200 средни и големи предприятия. Предприятията са от секторите за „Производство на хранителни продукти“, „Производство на напитки“ "Производство на облекло", "Производство на хартия, картон и изделия от хартия и картон", "Печатна дейност и възпроизвеждане на записани носители", "Производство на химични продукти", "Производството на основни метали", "Производство на електрически съоръжения", "Производството на компютърна техника, електронни и оптични продукти" и "Производство на машини и оборудване с общо и специално предназначение". Те функционират в Южен централен район на планиране.

Изследването е проведено в периода януари 2014 – януари 2015 г.

Първата група въпроси цели да проучи отношението на респондентите към реиндустриализацията. Анализът на резултатите от изследването показва следното:

- 72% от анкетиранияте я определят като изключително необходима за развитие на българската икономика;

- 17% са отговорили, че „е необходима, но важното е как ще се извърши“;

- 11% не я определят като необходима на този етап от развитие на българската икономика.

Втората група въпроси е насочена към проучване на вижданията на участниците в изследването относно целите на реиндустриализацията. Анкетиранияте са подредили по степен на важност следните цели:

- повишаване на конкурентоспособността на икономиката;

- създаване на нови работни места;

- превръщане на страната в привлекателна за чужди инвестиции;

- осигуряване на устойчиво развитие на българската икономика.

Третата група от въпроси цели проучване на отношението на представителите на бизнеса към участието на държавата в реиндустриализацията.

Преобладават следните отговори, свързани с мястото на държавата в процеса на реиндустриализация:

- държавни помощи за насърчаване на индустриалното производство;
- създаване на условия и инфраструктура за развитие на научно-изследователската и развойна дейност;
- с помощта на данъчното облагане и системата на държавни помощи да въздейства за възвращаемостта на инвестициите в определени области на техниката и технологиите.

Четвъртата група въпроси се отнасят до изразяване на становища и насоки за мястото на България в реиндустриализацията на Европа. Анализът на резултатите от изследването показва следното:

- 56% смятат, че България трябва да развива предимно информационни и комуникационни технологии;
- 52% поставят на първо място хранително-вкусовата промишленост и туризъм;
- 51% изразяват мнение, че преимуществено трябва да се развива фармацевтичната промишленост.

Петата група въпроси е свързана с отношението към изразената теза в „Бяла книга за нова високотехнологична индустриализация 2015-2025 г.” - „Новият икономически модел може да бъде само модел за реиндустриализация и нова високотехнологична индустриализация”.

Оказва се, че 89% са поддръжници на посочената теза, а 11% са нейни противници.

Това са накратко резултатите от проведеното изследване с представители на българския бизнес.

#### 4. Заключение

Ако обобщим резултатите от изследването, можем да систематизираме следните изводи:

- изключително висок процент – 89% са поддръжниците на реиндустриализацията в България, чрез която виждат реализирането на новият икономически модел в страната;
- представителите на бизнеса определят целта на реиндустриализацията

като повишаване на конкурентоспособността на икономиката; създаване на нови работни места; превръщане на страната в привлекателна за чужди инвестиции и осигуряване на устойчиво развитие на българската икономика.

- участието на държавата, според анкетирания е ограничено до създаване на условия за подкрепа на иновационната дейност на българските фирми, като по този начин се насърчава индустриалното производство.

- България има своето място в реиндустриализацията на Европа и то е в развитието на високите технологии, хранително-вкусовата промишленост, фармацевтичната промишленост и туризъм.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Как България може да помогне за европейската реиндустриализация*  
<http://econ.bg/>
2. Гроздин, А., Конарев, Ас. и др. *Бяла книга за нова високотехнологична индустриализация 2015-2025 г.*, 2014 г., <http://financebg.com/>
3. *Анри Малос: Реиндустриализацията на Европа не е мит*  
<http://econ.bg/>
4. *Industry as a growth engine in the global economy, Final Report, Cologne 1-12-2013*, p. 11.
5. *Неочакваната реиндустриализация на Европа*, <http://reduta.bg/>

Адрес:

Department of Industrial management  
Technical University–Sofia, Branch Plovdiv  
25 Tsanko Dystabanov St  
4000 Plovdiv  
BULGARIA  
E-mail: [expert2009@abv.bg](mailto:expert2009@abv.bg)



## ДИНАМИКА НА ТЕХНОЛОГИЧНОТО РАЗВИТИЕ

ТАНЯ ГИГОВА

**Резюме:** В статията се изследват патентно базираните показатели на българската икономика, проучва се състоянието и динамиката на технологичното развитие.

**Ключови думи:** технологично развитие, патент, заявки, издадени патенти, български притежатели, чуждестранни притежатели

## DYNAMICS OF THE TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT

TANYA GIGOVA

**Abstract:** This paper examines patent-based indicators of the economy of Bulgaria as well as the situation and dynamics of technological development.

**Key words:** technological development, patent, applications, issued patents, bulgarian holders, foreign holders

### 1. Увод

Защитеното и незащитено ново технологично знание е резултат от творческата дейност на различни участници в иновационния процес. Технологичният продукт притежава уникални характеристики и икономическа значимост, които го правят привлекателен обект на трансфер. Анализът на заявителската и патентната активност и нагласите на българските и чуждестранните лица в тази област позволяват да се оцени един съществен аспект от функционирането на иновационната система. Едни от най-често използваните показатели за проучване на състоянието и динамиката на технологичното развитие и за измерване на резултатите от научноизследователската дейност на национално, секторно и институционално равнище са патентно базираните показатели. Патентите характеризират иновационния потенциал на дадена страна и нейния капацитет да използва собствени и чужди знания и да ги

трансформира в потенциална икономическа полза.

### 2. Изложение

Целта на настоящата публикация е да се изследват патентно базираните показатели на българската икономика. Използваните основни методи са сравнителен анализ и обработка на статистическа информация от Патентно ведомство на Република България, Европейския патентен офис и Ведомството за патенти и търговски марки на САЩ.

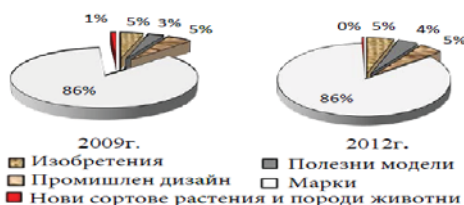
В Патентното ведомство (ВРО) през 2009 г. (Таблица1) [1] са подадени 267 заявления за патенти, като през 2010 г. подадените заявления за патенти са намалели с 2,6%, а през 2011 г. спрямо 2010 г. са се увеличили с 8,8%. През 2012 г. са постъпили 259 заявки за патенти, като от тях 245 са на български заявители и 14 - на чужди. За разлика от 2011г., когато се наблюдава тенденция към увеличаване на заявките за патенти, през 2012г. подадените заявки са с 24 (8,5%) по-малко. През 2013г. се наблюдава увеличение на

заявителската активност от български заявители с около 15% при заявките за изобретения, в сравнение с предходната година, като по отношение на заявките от чужбина, ситуацията не е променена. Делът на чуждестранните заявители за получаване на патент за изобретение в България е несъществен. Структурата на заявките, подадени от български заявители, показва, че традиционно броят на заявките от физически лица надвишава значително този на подадените от институции и фирми.

**Таблица 1.** Заявления за патенти за изобретения в България, 2009 – 2013 г., брой

Заявления за патенти за изобретения в Българи	2009	2010	2011	2012	2013
Български заявители	243	242	262	245	283
Чужди заявители	24	18	21	14	14
Общо	267	260	283	259	297

За периода 2001 – 2012 год. са издадени общо 1421 броя патенти за изобретения на български притежатели. Най-голям е дела на патентите регистрирани в България в областта на „марките“, а най-малък в областта на „нови сортове растения и порода животни“ (фиг.1).



**Фиг.1** Патентна активност в България за 2009 и 2012г.

След 2009 г. се наблюдава спад в българската патентна активност, като през 2012 г. вече са регистрирани само 73 патента и това е най-ниското равнище досега – два пъти по-малко патенти спрямо 2001 и 2009г. Съществени различия се наблюдават при скоростта на развитие на патентната активност. Общият брой патенти отбелязва тенденция на нарастване, в чиито рамки се наблюдава положителен средногодишен прираст на патентите с чуждестранни притежатели и отрицателен средногодишен прираст на патентите с български притежатели. За единадесет годишния разглеждан период 2001 – 2012 г. (фиг.2) [1, 2] са издадени общо (на чуждестранни и на български притежатели)

12307 патента, като 90,7% принадлежат на чуждестранни патентоприетатели, а делът на българските е по-малък от една десета. Слабата патентна активност може да е резултат на ниската степен на сътрудничество между бизнеса и научно-изследователските институции. Общата патентна активност в България след 2002 г. до голяма степен се влияе от чуждестранното патентно присъствие, като една от причините е, че тогава България става член на Европейската патентна система, което улеснява процедурата за издаване на патент с покритие върху България на чуждестранните физически и юридически лица.



**Фиг. 2** Издадени патенти за изобретения в България, 2001 – 2013 г., брой

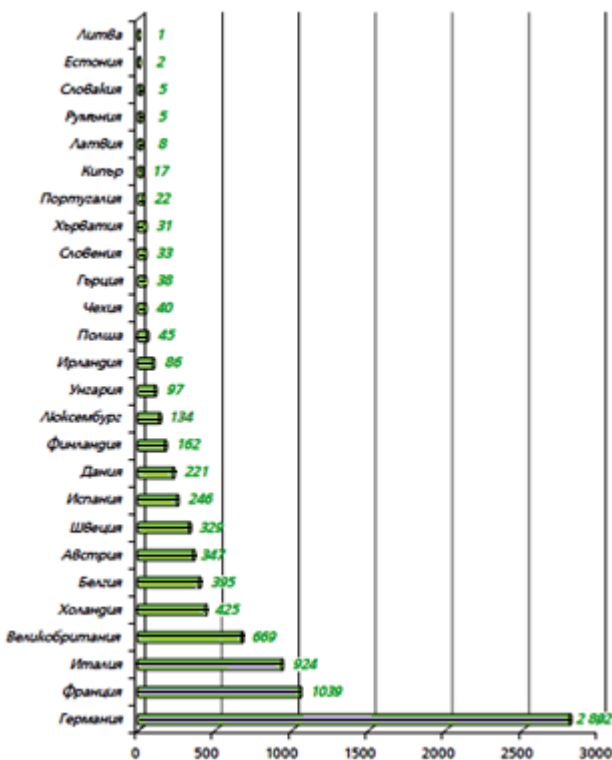
За периода 2005 – 2011 г. са валидирани и имат действие на територията на България 7125 броя европейски патенти. Интересът към получаване на защита за изобретения от страна на чуждестранни притежатели на патентни права нараства. През 2012 г. действащите в България европейски патенти са 6970, а през 2013 г. те са 7977, което представлява увеличение с близо 14,5%. Наблюдава се тенденция на непрекъснатото нарастване (фиг. 3) [1] на броя на искания за временна закрила на заявки за европейски патенти и искания за предоставяне на правна закрила на европейски патенти в България, а с това и на действащите в страната европейски патенти.



**Фиг.3** Подадени искания и действащи на територията на Република България европейски патенти за периода 2006-2013г.

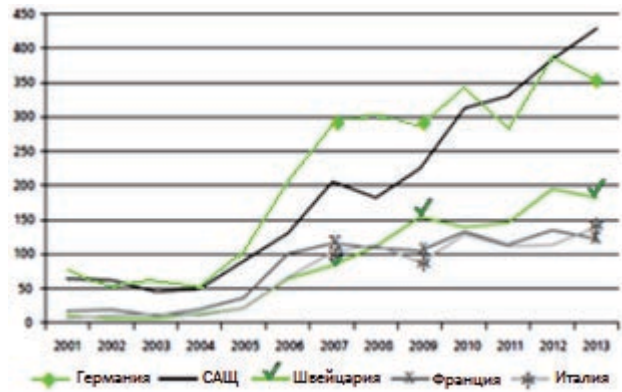


През 2011 г. 96,5 % от издадените патенти на чуждестранни притежатели са валидирани европейски патенти и само 3,5 % са издадени по национален ред. По отношение на закрилата на нови технологии Германия е лидер с 1/5 от всички регистрирани в РБългария патенти и с 1/3 от европейските. Най-големият сумарен чуждестранен патентоприетател в Патентното ведомство на РБългария са страните членки на Европейския съюз (ЕС), като изключение прави Малта, която няма регистрирана патентна активност (фиг.4) [1, 2]. От издадените патента на чуждестранни притежатели, за периода след 2000 г., с общ дял малко над 62% са на представители на европейски страни, с близо 20% са на САЩ, 3% на Япония и останалите патенти се разпределят между 38 държави извън Европа. Като САЩ, Германия и Швеция представляват половината от всички 13053 патента, регистрирани от Патентното ведомство на България за периода 2001-2013г.



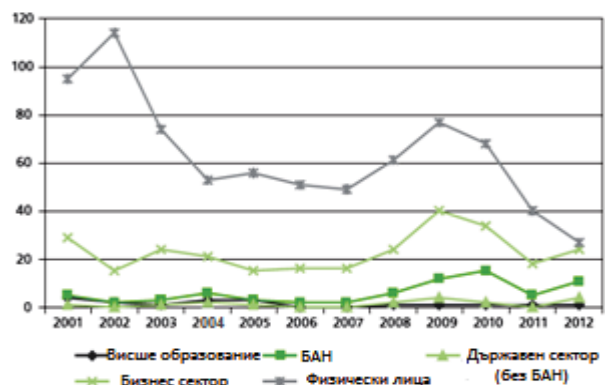
Фиг. 4. Чуждестранна патентна активност в България, ЕС-28, 2001 – 2013 г., брой

Топ-5 патентоприетатели в България са държавите Германия, САЩ, Швеция, Франция и Италия (фиг. 5) [2], които формират 65% от патентната активност в страната, а останалите 35% се разпределят между 75 държави.



Фиг. 5. Топ-5 на държави патентоприетатели в България, 2001 – 2013 г., брой

От гледна точка на институционалната принадлежност на патентоприетателите (фиг.6) [1, 2] за периода 2001 – 2012 най-висока е патентната активност на групата на физическите лица, които притежават 68,3% от общия брой патенти за 12-годишния период, следвани от бизнес сектора с 23,3 %, държавния сектор 6,8 % и сектор „Висше образование с едва 1,6 %. Делът на БАН в общия брой български патенти е 5,6 %. През 2013 г. отново е най-висока патентната активност на групата на физическите лица. За разглеждания период в България (2001-2013) в динамиката на институционалната структура на патентите с български притежатели след 2010г. се наблюдава известно колебание в относителните дялове по категории патентоприетатели в посока намаляване дела на физическите лица (с над 25%) за сметка на увеличаване дяловете на бизнес сектора и държавния сектор, което говори за постепенно преодоляване на ниската степен на институционализация на патентната дейност в България. Като предпочитан начин на запазване на интелектуалните им активи за предприятията все още си остава тайната.



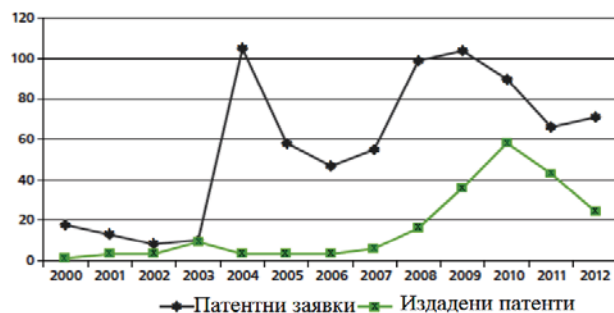
Фиг. 6. Патентна активност на български патентоприетатели в България по институционални сектори, 2001 – 2012 г.

Заявените пред Европейския патентен офис (ЕРО) (фиг.7) [3] патенти са съсредоточени в 12 технологични области, като в 11 области са издадени два и повече патента, в останалите – по един. Около 2/3 от заявките получават отказ за издаване на защитен документ. Налице е съвпадение на първите три технологични области в класациите по заявки и по издадени патенти, което повдига въпроси, свързани с качеството на създаваните от българските граждани технологични продукти.



Фиг.7. Българска патентна активност пред Европейския патентен офис, 2000-2012г., брой

През периода 2000 – 2012 г. Българската патентна активност пред Водството за патенти и търговски марки на САЩ (USPTO) (фиг.8) [4] се отличава съществено от патентната активност пред Европейския патентен офис. Общо за периода са подадени 744 патентни заявки и са издадени 208 броя американски патенти, т.е. налице е засилен интерес на български заявители към патентоване и икономическа реализация на техни технологични продукти на територията на САЩ. Патентните заявки са около три пъти и половина повече в сравнение с издадените защитни документи, което отново, както при Европейското патентно ведомство повдига въпроси, свързан с качеството на създаваните от българските граждани технологични продукти.



Фиг.8. Българска патентна активност пред Водството за патенти и търговски марки на САЩ, 2000 – 2012 г., брой

### 3. Заключение

Общата патентна активност в България след 2002г. започва да се влияе в значителна степен от чуждестранното патентно присъствие. За разглеждания период преобладаващата част от издадените в страната патенти принадлежат на чуждестранни патентоприетатели. Водещи по брой подадени заявки са страните членки на ЕС и САЩ. Агресивното присъствие на чуждестранни изключителни патентни права на територията на страната може да окаже неблагоприятно влияние върху конкурентоспособността на българската икономика. Иновационната система се нуждае от увеличаване на разходите за наука и изследователска дейност, повишаване на сътрудничеството между бизнеса и научно-изследователските институции и приоритетно развитие на иновативното производство. За да използват водещи технологии, да запазят и да повишат своята конкурентоспособност, българските предприятия трябва да преосмислят технологичната си политика и да активизират иновационната си дейност.

### ЛИТЕРАТУРА

1. ВРО, *Годишен отчет 2002÷2013* [www1.bpo.bg/index.php?option=com\\_content&task=view&id=23&Itemid=150](http://www1.bpo.bg/index.php?option=com_content&task=view&id=23&Itemid=150)
2. Фондация „Приложни изследвания и комуникации”, *Иновации.бг 2013, 2014* [www.arcfund.net/arcartShowbg.php?id=9340](http://www.arcfund.net/arcartShowbg.php?id=9340)
3. ЕРО, 2013, [www.data.epo.org/publication-server/?lg=en](http://www.data.epo.org/publication-server/?lg=en)
4. USPTO, 2013, [www.uspto.gov](http://www.uspto.gov)

Адрес:  
 Department of Industrial management  
 Technical University–Sofia, Branch Plovdiv  
 25 Tsanko Dystabanov St  
 4000 Plovdiv  
 BULGARIA  
 E-mail: t\_gigova@abv.bg



## НЕЕТИЧНИ РЕКЛАМИ

ХРИСТИНА ДАЙЛЯНОВА

**Резюме:** *Разглеждат се някои аспекти на отношението между реклама и етика. Използвани са примери на рекламни продукти, които биха могли да се оценят като прекриващи норми на моралните обществени отношения. Като обективна база са използвани актуални документи за саморегулация на рекламната дейност.*

**Ключови думи:** *етика, реклама, етичен кодекс, неетична реклама.*

## NON-ETHICAL ADVERTISEMENTS

HRISTINA DAYLYANOVA

**Abstract:** *The paper considers some aspects of the relationship between an advertisement and ethics. Examples of advertising products are used, which could be assessed as overstepping certain norms of moral public relations. Actual documents of self-regulation of the advertising activities are used as an objective base.*

**Key words:** *ethics, advertisement, ethical code, non-ethical advertisement*

### 1. Въведение

„С рекламата аз (както и повечето хора) поддържам отношения на любов/омраза”.

*Ф.Котлър[2]*

Трудно можем да си представим съвременната икономика и животът днес без съществуването на рекламата. Независимо от отношението си към нея, трябва да признаем, че влиянието ѝ върху икономическата и редица извъникономически сфери в обществото е толкова значимо, че поражда необходимост от постоянно наблюдение на ефектите от въздействието на рекламните продукти.

### 2. Необходимост от етично регулиране на рекламата

Дефинирането на понятието реклама се различава във времето и отразява еволюцията на явлениято. Професионалисти в сферата на рекламата, а също така и известни личности от други области дават определения, които в своето съдържание имат различни акценти и отразяват различни нейни страни и характеристики. В съвременните учебници се използват най-вече определенията дадени от

Американската асоциация по маркетинг и от Европейската асоциация на рекламните агенции:

„Рекламата е всяка форма на нелично представяне и лансиране на идеи, стоки или услуги, заплащана от точно установен източник” (Американска асоциация по маркетинг), и;

„Рекламата е всяка платена форма на контролируемо въздействие, осъществявано чрез средствата за масово осведомяване, по представяне и налагане на стоки или услуги в интерес на явен източник” (Европейска асоциация на рекламните агенции) [1].

В първото определение акцентът е върху разбирането за рекламата като елемент от рекламано-насърчителната подсистема на маркетинга. Във второто определение се отчита и комуникационна природа на рекламата, като нейна съществена характеристика.

Много и различни са функциите на рекламата. В книгата си „Рекламата каквато е”, Д.Доганов представя съществуващите разбирания най-вече за икономическите функции на рекламата, както на микроравнище, така и на макроравнище. Изтъква се нейната безспорна „осведомяваща” роля – позиция, застъпена включително в документи на ООН [1].

Свързана е с функцията на рекламата да предоставя информация на потребителите за стоките и услугите, техните цени, доставка, количества и пр. характеристики. Наред с това, рекламата стимулира постоянното подобряване на стоките, понеже не би могла да подпомага трайно продажбите, ако стоката не подобрява своите характеристики в качествено отношение. А пробуждайки интереса към нови стоки и услуги, рекламата има важно значение за създаването на нови пазари.

От гледна точка на пазарната икономика, най-важната нейна роля е да продава на потребителя. Това е призмата, през която минава оценката за успешност на всяка една реклама. В стремежа си да убедят потребителите да купуват, в рекламите се използват различни методи за рекламно въздействие:

- Създаване на представа за начина на живот;
- Игра с емоциите;
- Показване на начина на използване на продукта;
- Рекламирање чрез показване на крайния продукт;
- Реклама чрез гарантиране на качеството;
- Чрез абстрактна представа за марката;
- Чрез известни личности;
- Използване на хумор;
- Чрез драматизиране на ситуацията;
- Сравнителна реклама;
- Чрез съдействието на обществеността [4].

От гледна точка на етиката и обществените очаквания, рекламата трябва да върши своята комуникационна роля като информира и осведомява коректно рекламните аудитории за качествата, характеристиките и ползите на рекламираните изделия. Всъщност това е и формулата за най-печелившата реклама. Но поради огромната конкуренция между стоките и съответно рекламите за тях, налага се рекламистите да полагат значителни усилия, за да привлекат вниманието на потребителските аудитории. Според някои автори, навършвайки 65 годишна възраст, човек е облъчен от 2 млн. реклами [7]. Това обяснява защо, за да изпълнят задачата си, рекламите често влизат в конфликт с етичните норми и превръщат рекламната дейност в средство за създаване на илюзии и подвеждащи или откровено неверни очаквания у потребителите. Джордж Сантаяна казва, че „Рекламата е съвременният заместител на доказателството; нейната функция е да представи по-лошото като по-добро” [6].

Различни са опитите за справяне с този проблем. Федералната търговска комисия в САЩ дори предлага на рекламата да се поставя надпис “Ние гарантираме истинността на информацията, съдържаща се в тази реклама” [5].

Всяка страна създава свои законови ограничения за регулиране на неприемливите прояви на рекламата. Поради очевидно транснационалния характер на рекламната дейност, освен тях съществуват и международни етични кодекси като „Международен кодекс за лоялна рекламна политика” и „Международен кодекс за лоялност при насърчаване на продажбите”. (Първият такъв е публикуван още през 1937г.) В много страни има национални кодекси на рекламистите. Член 1 от британския кодекс гласи, че: „Всички реклами трябва да отговарят на законите, да са честни, прилични / да не противоречат на общоприетия морал/ и истинни” [5]. В рамките на Европейския съюз действат приетите Директиви 2005/29/ЕК и 2006/114/ЕС, засягащи нечестните бизнес практики в границите на държавите членки [6].

В България законовата регулация на рекламната дейност се осъществява чрез текстове в различни законови документи [12]. В тяхно допълнение Националният съвет за саморегулация създава през 2009 година национални етични правила за търговска и рекламна комуникация. Те се отнасят до всички участници в рекламната индустрия в Република България, но нямат силата на закон, както и не изместват останалите (около двадесет и четири на брой) закони, регулиращи рекламната и търговска комуникация [8]. “Рекламирањето се оценява като етично или неетично не поради мотивацията на онези, които го правят, а поради последиците, които то предизвиква за публиката, за обществото” [5]. В този етичен рекламен кодекс са засегнати подробно различни аспекти на нарушаване на етичните правила в рекламната комуникация. В текста изрично е упоменато, че те подлежат на развитие, отразявайки развитието в “технологията, маркетинговите практики и обществото” [8].

Самият факт, че е възникнала необходимостта от саморегулативен орган, който да създаде подобен документ показва, че властта на потребителите на пазара в България не регулира достатъчно и успешно тази дейност. За разлика от общества със стари рекламни традиции, у нас на практика липсват и рекламофобски организации, които биха реагирали на неетични реклами.



В Кодекса са дефинирани етични норми, чието нарушаване може да породи нежелателни последици върху съответните рекламни аудитории.

### 3. Реклами и етични норми

Още в Член 1 от Кодекса, отнасящ се до общите правила, се забелязват едни от най-често нарушаваните в рекламите етични норми и стандарти. Въпреки, че в него изрично са упоменати изискванията за отговорността на рекламното послание към потребителя и обществото, не са малко рекламите, които търпят сериозна критика именно в това отношение. Понякога драматизирането на ситуацията като метод на рекламно въздействие прекрочва етичните норми. Често заради желанието да си предизвика интереса към рекламата, се нарушава добрия тон, благоприличието, дори се стига до вулгарност. („Сезонът на дините”-реклама на мастика „Пещера” или отблъскващата реклама на пастата за зъби „Пародонтаск”, особено когато я гледаме по време на хранене; сиренето „Булка” и всички реклами, в които се показват телесни течности и вътрешни органи, брутално секс или смърт). Водейки се от правилото, че „сексът продава”, се стига до резултат, който е откровено порно. Освен, че е пошло и неблагопристойно, то е и обидно. Обидно както за потребителя, така и за женския пол, третиран в много реклами не като купувач, а като продукт или просто сексуален обект. („Благодаря ти, Макс клийн”; рекламата на „Загорка”-„Какво му трябва на човек”, стигнала дори до българския съд заради третирането на жената на едно ниво с изброените вещи; водка „Флирт” и пр.).

Злоупотребата с доверието, липсата на опит и познание се среща в различни рекламите. По напълно обясними причини най-често потърпевши са децата и подрастващите. Но не само те. Рекламата на „Калгон” например, насочена към домакините, е изключително убедителна, но: първо, не всяка вода е „твърда”; и, второ, разходите за покупката му за 3-4 години са колкото за покупката на нова перална машина.

Козметичните продукти често се рекламират от известни лица. Посланието към потребителя е, че ако използва рекламирания козметичен продукт, би могъл да постигне видимия на рекламната и горещо желан от потребителите ефект. Оказва се, че това е непостижимо дори за рекламните лица, които изглеждат перфектно поради други причини, като например доказано използването на фотошоп, компютърни манипулации,

козметични операции и пр. Такъв е случаят с рекламата на Ланком, в която участва хубавата жена Джулия Робъртс. Тази реклама е атакувана в съда и свалена. Подобен е случаят с рекламата на Мейбълин с Кристи Търлингтън, заради невъзможността да се постигне рекламирания ефект, ако потребителите ползват единствено рекламираната козметика.

В чл.17 пише че „Специална грижа трябва да бъде положена при търговската комуникация насочена към или с участието на деца и подрастващи”. Според Американската академия по педиатрия, ако едно дете гледа средно по четири часа телевизия дневно, за една година вижда повече от 20000 реклами [10]. Това, наред с липсата на опит, знания и критичност у децата, обяснява големия интерес към детската аудитория. В някои страни има специални мерки за защита на децата от рекламното въздействие. В съседна Гърция е забранено да се рекламират детски играчки в часовете между 7 и 22 часа, а рекламата на военни играчки е напълно забранена. В някои скандинавски страни е забранена телевизионната реклама, насочена към деца под 12 години, както и спонсорство на детски програми. Дори са забранени дисплеите с бонбони в магазините в обсега на малки деца.

У нас Съветът за електронни медии и Държавната агенция за закрила на детето разработват критерии за оценка на съдържание, което е неблагоприятно или създава опасност от увреждане на физическото, психическото, нравственото и/или социалното развитие на детето. Съветът за електронни медии, доставчиците на медийни услуги и Държавната агенция за закрила на детето сключват всяка година до 31 март споразумение за защита на децата от съдържание, отговарящо на горепосочените критерии. Според Чл.75.9 от Закона за радиото и телевизията, търговските съобщения не бива да:

- създават опасност за физическа или морална вреда на децата;
- убеждават пряко децата да закупят или вземат под наем продукт или услуга, използвайки тяхната опитност или недоверчивост;
- насърчават децата пряко или косвено да убедят родителите си или други лица да закупят рекламираните стоки или услуги;
- злоупотребяват със специалното доверие, което децата имат в своите родители, учители или други лица;
- показват безпричинно децата в опасни ситуации [10].

Факт е, че има реклами, неотговарящи на тези изисквания. Според проучване на Съвета за електронни медии, част от рекламите с участието на деца са в нарушение с тях – реклами, подтикващи децата да си купуват десертчета, за да спечелят плюшени мечета, както и такива на храни, съдържащи сол, захар или мазнини, вредни за здравето на децата [11]. Примерите за неетичност на рекламите насочени към деца или използващи деца могат да бъдат предмет на самостоятелно изследване. Тук ще илюстрираме твърдението, че такава практика съществува и у нас със следните няколко известни реклами. В рекламата за кренвирши „Предпочитаме месо”, освен подвеждащото внушение, че съдържат месо, детето е представено като капризно, невъзпитано и едва ли не кръвожодно. Преди време също имаше подобна реклама на друга марка кренвирши – „Сачи”. Вероятно авторите на новата реклама или не са чували за нея, или смятат потребителите на този продукт за напълно невежи. Темата за невъзпитаното до ужасяваща степен дете е използвана и в реклама за използване на презервативи. Въпреки че липсата на презерватив не оправдава липса на възпитание, както и че детето е използвано по скандален и унизителен начин.

За рекламата на бебешките „чалга” пелени Molfix един автор в интернет твърди, че трябва да има осъдени [9]. Тук, освен че пошлостта е преминала всякакви граници, аз съм поразена от факта, че голяма част от моите иначе интелигентни студенти я нареждат в класацията за хубави и успешни реклами. Кое то отново напомня, че рекламата е много повече от елемент на маркетинговите комуникации, а е и важна съставна част от съвременната културата. Не съм сигурна дали е достатъчно успокоително, че приблизително същият брой студенти са я посочили и като пример за лоша реклама. Като правило, рекламите на памперси са едни от най-завладяващите, именно поради задължителното използване на детските персонажи в тях.

По отношение на правдивостта в рекламите има интересно изследване на подвеждащите реклами [6]. Тук примерите за нарушаване на изискването за правдива рекламна комуникация са изключително много. В Чл.5.3 от Кодекса специално се обръща внимание на измамното използване и изопачаване на термините и научните данни. Общозвестни са рекламите за растителни продукти без холестерол, какъвто няма как да има, използването на понятието “нано”, без да е наясно потребителят за какви ползи става дума,

злоупотреба с понятията „иновация”, „ГМО” и пр.

Правдивостта изисква също да не се използват заблуждаващи съобщения за цени или за тяхното намаляване. Тук са в нарушение много от рекламите на мобилните оператори и телекомуникационните услуги, а и не само те. Цената е този елемент от маркетинг микса, към който потребителите проявяват особена чувствителност. Недопустимо е например да се рекламира отстъпка до минус %, за да установи клиентът в магазина, че е подведен. Това е сериозен риск за загуба на доверието на клиента, но не е пречка за подобна неетична практика. Също както подвеждащото или неправомерно използване на думите „безплатно” и „гаранция” в много от рекламите. Ежедневно получаваме на телефоните си съобщения с покана за „безплатно” участие в една или друга игра. А когато четем за търговската гаранция при закупуване на даден продукт, рядко сме наясно дали ние или търговецът ще заплати пощенските или други разходи, за да върнем стоката в случай на неизправност или повреда.

Кодексът изисква данните и описанията, използвани в рекламите да могат да бъдат доказвани. Авторитетно звучащите професионални свидетелства за гарантиране и препоръчване на продукти не будят много доверие у образования потребител. Здравият разум изключва твърдението за една единствена паста, подходяща и единствено предпазваща зъбите. Всъщност, редовната устна хигиена е тази, която би трябвало да бъде препоръчана, наред със здравословното хранене и начин на живот.

Не са малко рекламите, които злоупотребяват с използването на думата „ново”: новият Ариел, новата Колгейт и пр. Разбира се, една от задачите на рекламата е да ни осведомява за новостите в предлаганите продукти и услуги. Но според етичните правила, не всяка промяна се счита за новост, а само тази, при която продуктът е претърпял съществена промяна. Като прибавим, че е трудно доказуемо обратното твърдение, „новостите” ни дебнат от всякакви реклами. За съжаление, често резултатът е противоположен и води до загуба не само на интерес към подобни „информиращи” реклами, но и до загуба на доверие към рекламата и рекламирания продукт.

Въпреки, че сравнителната реклама е един често използван метод за рекламно въздействие, практиката показва, че е трудно тя да отговаря на етичните изисквания за обективно сравнение, необъркващо, неподвеждащо и ненакърняващо достоинства

на конкурентите. Различните култури се отнасят по различен начин към този вид реклами. Североамериканската е с много по-голяма търпимост, за разлика от европейската. Класически пример е рекламата на „Пепси“, в която дете си купува от автомат за безалкохолни напитки кутийки с „Кока кола“, за да се качи върху тях и да достигне до бутона на „Пепси“. Рекламата категорично не трябва да злепоставя продукти, марки, лица, фирми, организации, професии и т.н. Поради възможен конфликт не само с етиката, но и със закона, рекламистите са внимателни с прекриване на безусловните граници. В рекламата на Бонукс например, безличната опаковка на „всеки един друг прах“, на практика силно напомня за друг такъв, при това доста известен.

Също толкова недопустимо е използването на чужд престиж или неговото имитиране, дори когато рекламираните продукти не се конкурират. Подобни практики са както неетични, така и незаконни. Те могат да подведат или объркат потребителя, използвайки престижни дизайн, модел, текст, лого, музика, звукови ефекти. Рекламата трябва да информира, а не да дезинформира потребителя в днешния свят на информационно изобилие. Известен е примерът с идентичната опаковка на майонезата „Краси“ на друг производител.

Въпреки по-строгата юридическа отговорност, отнасяща се до вредни за здравето или опасни по друг начин за потребителя продукти, моралната отговорност в случая е на рекламирация [5]. В Член 16 от Кодекса са формулирани конкретните изисквания за безопасност и здраве, на които трябва да отговаря маркетинговата и търговската комуникация в частност. Въпреки това има достатъчно примери на доближаване до позволената граница или нейното преминаване. Става дума за продукти от различен характер, но когато се рекламират храни и напитки, нещата са най-очевидни. Свикнахме с надписите върху цигарените опаковки, които ни предупреждават, че „пушенето е опасно за вашето здраве“, но се увеличават мненията, че едва ли не тази практика трябва да се разпространи и върху други продукти. Правно задължение е етикетирването на стоката, но се смята, че това трябва да се отнесе и до нейното рекламиране. Но все още не сме гледали реклама на снакс, в която бобърът, ще ни предупреждава, че тези храни не са полезни, дори са вредни, а вероятно и опасни при прекомерна употреба. Особено от деца. Това се отнася също до рекламите на ресторантите за бързо хранене, безалкохолните напитки и пр

За да избегнат строгия контрол върху рекламите за лекарствени средства, много продукти за здравето се рекламират като хранителни добавки, билкови продукти и т.н. И хората се доверяват, купуват, очакват магически ефекти. Поне в България не съм видяла билков продукт, към който да е приложен списък с противопоказания. За разлика от Франция, където всеки такъв списък е поне около страница.

Рекламирайки продукти за здравето, често рекламите използват подвеждащи драматизиращи ситуации и твърдения, които няма как да бъдат проверени и/или доказани. Индустрията, основаваща се на страха от болестите и смъртта заема все по-голям дял и съответно рекламите за нейните продукти. „Отслабвайте, докато стоите пред телевизора“ – да възможно е, но не защото сте си сложили вибриращ колан. И е напълно невъзможно, ако в същото време похапвате чипс и си пийвате бира или други калорични напитки.

#### 4. Заключение

Въпреки прогнозите за „края на рекламата“, тя има изключително важна роля за съвременната икономика и култура. Навлизането ѝ във всички сфери на обществения ни живот изкарва на преден план последиците от рекламното въздействие, неговото контролиране и регулиране. Тази дейност се затруднява от природата на моралните отношения, невъзможността техните стандарти, норми и предписания да имат задължителен характер, подобно на юридическите. Моралните стандарти в различните култури се различават в едно или друго отношение, а глобализацията на икономическите и информационните процеси е факт, с който всички трябва да се съобразяват. Всичко това е причина за необходимостта от етично регулиране на рекламната комуникация и ограничаване на нейното неетично използване и влияние върху обществената култура.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Доганов, Д., Палфи, Ф. (2000) *Рекламата каквато е*, Princeps, София.
2. Котлър, Ф. (2005) *Маркетинг съвети от А до Я*, Класика и стил, София.
3. Кафтанджиев, Х., (2008) *Хармония в рекламната комуникация*, Ciela, София.
4. Кузманов, Г., (2002) *Маркетинг*, EVIC Biotechnology, Пловдив
5. Сотирова, Д., (1995) *Бизнес етика*, Индустри идея, София.

6. Иванов, М., (2007) *Подвеждащата реклама*, Сіела, София.
7. <http://m.trud.bg/Article.aspx?Id=1628220>
8. <http://www.nss-bg.org/kodeks.php>
9. <http://temadaily.bg/publication/6985>
10. <http://marketing.uni-svishtov.bg/club/decata-i-reklamite/>
11. <http://www.trud.bg/Article.asp?ArticleId=14530>
12. <http://lex.bg/forum/viewtopic.php?t=33597>

Department of Industrial management  
Technical University-Sofia, Branch Plovdiv  
25 Tsanko Dystabanov St.  
4000 Plovdiv  
BULGARIA  
E-mail: [dailianova@abv.bg](mailto:dailianova@abv.bg)





## ОЦЕНКА НА БЪЛГАРИЯ ПО ИНДЕКСА „ПРАВЕНЕ НА БИЗНЕС” ПРЕЗ 2015 Г.

ДЕСИСЛАВА ШАТАРОВА

**Резюме:** Публикацията анализира позицията и оценката на България по индекса „Правене на бизнес” през 2015 г. по методологията на Световната банка. Анализът се представя по десет ключови индикатора, включени в изчислението на индекса, които имат основно значение за развитието на бизнеса.

**Ключови думи:** индекс, оценка, бизнес.

## ASSESSMENT OF BULGARIA IN INDEX “DOING BUSINESS” IN 2015

DESI SLAVA SHATAROVA

**Abstract:** The paper analyzes the position of Bulgaria and assessment in index “Doing Business” in 2015 on the methodology of the World Bank. The analysis is presented in ten key indicators included in the calculation of the index, which are essential for business development.

**Key words:** index, assessment, business.

### 1. Въведение

Докладът „Правене на бизнес” (Doing Business Report) е изследване на Световната банка, стартирало през 2004 г., което се провежда ежегодно и се стреми да измери разходите за фирмите по бизнес регулациите. Изследването става водещо като продукт на знанието, който е предоставян от Световната банка в областта на развитието на частния сектор и се смята, че е довел до създаването на регулаторни реформи в развиващите се страни. Изследването представя за всяка година детайлен анализ за разходите, изискванията и процедурите от специфичен тип, на които частната фирма е обект в тези страни и след това създава класиране, в което те са представени. Чрез това изследване се постига огласяването на страните и техните лидери, които осъществяват реформи. [1,2]

### 2. Същност и методология на индекса

Индексът за правене на бизнес, изготвян от Световната банка, дава оценка за правилата

за бизнес в повечето икономики по света. Този индекс дава информация за количествените стойности на 10 отделни показателя: започване на бизнес, издаване на разрешително за строеж, достъп до електричество, регистриране на собственост, достъп до кредит, защита правата на инвеститорите, плащане на данъци, международна търговия, изпълнение на договорите и закриване на бизнес.

Резултатите от проучванията сред бизнеса са представителна извадка от частния сектор на икономиката на фирмено ниво.[3] Изследванията обхващат широк кръг от теми на бизнес средата, включително достъпа до финансиране, корупцията, инфраструктурата, престъпността, конкуренцията, както и мерки за тяхното изпълнение.

От 2002 г. Световната банка събира тази информация чрез интервюта и анкети сред топ мениджъри и собственици на предприятия в над 130 000 фирми в над 135 икономики. Основни инструменти на проучването са въпросници и ръководства.

### 3. Анализ на позицията и оценката на България по „Индекса за правене на бизнес” през 2015 г.

Позицията на България по индекса за правене на бизнес е изследвана в предишни публикации, които анализират освен промяната в мястото и оценката на страната през отделните периоди на проведеното изследване [4], така и причините за тях. [5]

В общ план анализът от посочените публикации по темата показват, че България е над средните равнища в региона по показателите достъп до кредит, защита правата на инвеститорите, плащане на данъци и международна търговия. Най-наложителните промени, които трябва да се предприемат са намаляване на регистрационните, лицензионните и разрешителните режими и въвеждането на прозрачни правила. Анализът показва, че се наблюдава значително улеснение на започването на бизнес и плащането на данъци, но липсват реформи за подобряване на процедурите по несъстоятелност.

През 2015 г. в изследването на индекса са включени 189 държави като първо място в класацията заема Сингапур – 88,27 пр.п., а от страните от Европа и ЕС първенец е Дания – 84,20 пр.п.

Позицията на България по 10-те показателя за правене на бизнес [6,7] е представена в Табл. 1.

*Таблица 1. Позиция на България по индекса „Правене на бизнес”*

Показател	2015	2014	Промяна в позицията
<b>Общо представяне</b>	<b>38</b>	<b>36</b>	<b>-2 ↓</b>
Започване на бизнес	49	41	-8 ↓
Издаване на разрешително за строеж	101	100	-1 ↓
Достъп до електричество	125	122	-3 ↓
Регистриране на собственост	57	58	+1 ↑
Достъп до кредит	23	19	-4 ↓
Защита правата на инвеститорите	14	13	-1 ↓
Плащане на данъци	89	84	-5 ↓
Международна	57	62	+5 ↑

търговия			
Изпълнение на договорите	75	74	-1 ↓
Закриване на бизнес	38	37	-1 ↓

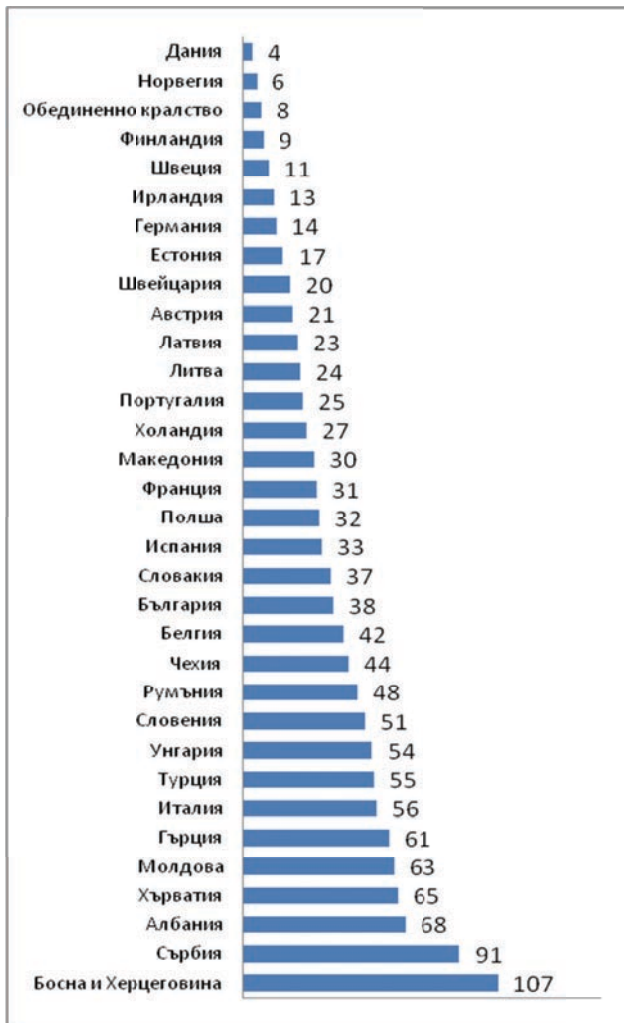
Данните от таблицата показват, че България заема 38-мо място през 2015 г. със 71,80 пр.п., като е паднала с две места надолу спрямо 2014 г., когато е заемала 36-то място със 71,72 пр.п. или промяната е с 0,08 пр.п. спрямо 2014 г.

Анализът на таблицата показва, че позицията на България по някои от показателите бележи лек спад по някои от основните си предимства – достъп до кредит и защита правата на инвеститорите. Най-голям спад бележи показателят „Започване на бизнес” – цели 8 позиции надолу спрямо 2014 г., както и плащането на данъци – спад с 5 позиции.

През последните години се наблюдава и лек спад при показателите с най-голяма тежест – „Издаване на разрешително за строеж” (-1) и „Достъп до електричество” (-3), при които обаче се наблюдава влошаване на позициите през последните години, което е причина страната ни да изостава още повече в класацията.

Най-добрата позиция България има по показателя „Международна търговия”, където се изкачва с цели 5 места от от 62-ро на 57-мо място, чието подобрене се дължи на понижаване разходите за внос и износ на стоки.

На Фиг. 1 е представена позицията на България в Европа, както и позицията на отделните европейски страни и мястото им в международната класация.



Фиг. 1. Позиция на България в Европа

Според класацията с най-висок индекс за правене на бизнес в Европа е Дания – на 4-то място в международната класация и на първо в Европа като позицията ѝ е непроменена от миналата година. След нея от европейските държави се нареждат Норвегия, Великобритания, Финландия, Швеция, Ирландия и Германия. След България се нареждат Белгия, Чехия и Румъния, а в дъното на класацията са Албания, Сърбия, Босна и Херцеговина.

По първия показател „Започване на бизнес“ оценката на страната ни е сравнително висока – 91,09 пр.п., макар да бележи спад в позицията си с 8 места спрямо 2014 г. – от 41-во на 49-то място. По показателя „Издаване на разрешително за строеж“ страната ни е понижила позицията си с едно място от 100 на 101-во през 2015 г. с общ резултат 69,85 пр.п.

По показателя „Достъп до електричество“ страната ни е паднала с 3 места надолу спрямо миналата година от 12-ро на 125-то място и обща оценка по този показател 65,78 пр.п., т.е. оценката е непроменена спрямо 2014 г. Показателят „Регистриране на собственост“

бележи изкачване с една позиция нагоре спрямо 2014 г. – 57 – мо място за 2015 г. с оценка 75,36 пр.п.

По един от най – важните показатели „Достъп до кредит“ страната ни бележи спад с 4 места спрямо 2014 г. и е на 23-то място с оценка 70,0 пр.п.

Защитата правата на инвеститорите бележи спад с една позиция от 13-то на 14-то място с общ резултат 68,33 пр.п.

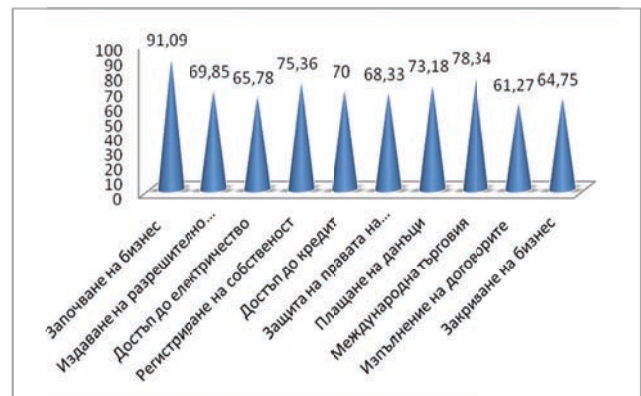
Плащането на данъци също бележи спад с 5 позиции от 84 – то на 89 – то място като оценката по този показател остава непроменена спрямо 2014 г. и е 73,18 пр.п.

Единствено по показателя „Международна търговия“ страната ни бележи значително подобрение с цели 5 позиции нагоре – от 62 –ро през 2014 г. на 57 – мо място през 2015 г. и оценка 78,34 пр.п.

По „Изпълнение на договорите“ позицията на страната не бележи съществена промяна – с една позиция надолу от 74 –то на 75 – то място и общ резултат 61,27 пр.п.

Показателят „Закриване на бизнес“ бележи спад с една позиция и по този показател страната ни е на 38-мо място с оценка 64,75 пр.п.

На Фиг. 2 са представени и обобщени оценките на България по 10-те показателя на индекса.



Фиг. 2. Оценка по показателите за правене на бизнес

Проучванията сред бизнеса се осъществяват от екип от икономисти и експерти от Световната банка на фирмено ниво, като данните от изследването се използват да се определи степента на икономически растеж най-вече на развиващите се страни. Освен от Световната банка, проучванията сред предприемачите от Източна Европа и страните от Централна Азия се провеждат и съвместно с Европейската банка за възстановяване и развитие.

Изготвените констатации и препоръки помагат на политиките да определят приоритетните области на развитие на бизнеса и осъществяване на реформи в политиките и институциите, които поддържат ефективна частна стопанска и предприемаческа дейност.

Като ключови теми за научни изследвания се включват представянето на фирмите и създаването на работни места, юридическо равенство между половете за предприемачи и служители, неформалността и осъществяването на износ.

В обхвата на проведеното проучване сред бизнеса за целите на анализа на индекса, топ мениджъри и собственици на 293 фирми от България бяха помолени да посочат основните пречки за развитието на техния бизнес.

Важно е да се отбележи, че данните от проведеното проучване са анализирани за периода м. ноември 2012 г. – м. октомври 2013 г.

Резултатите от проведеното изследване са обобщени на Фиг. 3.



Фиг. 3. Топ 10 на основните ограничения за развитието на бизнеса в България (% от фирмите)

Данните от таблицата показват, че най – големите пречки за развитието на бизнеса в България са на първо място практиките от неформалния сектор – 28,7 %. На второ място мениджърите и собствениците на фирми са класирали политическата нестабилност – 14,6 % от отговорите, а на трето място остава една от основните проблемни области за страната ни – корупцията – 13,3 %.

Останалите пречки за развитието на бизнеса са класирани както следва: данъчните ставки – 8 % от допитаните, регулациите в трудовото законодателство – 5,6 % и достъпът до финансиране – 5,2 %. Проблем за българския бизнес се оказват още недостатъчно образованата работна сила (5 %), съдебната

система (4,8 %), наличието на престъпност, кражби и безредици в страната (4,3 %) и данъчната администрация (4 %).

#### 4. Заключение

Индексът за правене на бизнес на Световната банка е един от водещите показатели за висока конкурентноспособност на всяка една държава. От направения анализ следва да се обобща, че като цяло страната ни е с ниска резултати по отношение на много важни показатели, а именно достъпа до електричество, издаването на разрешително за строеж, както и достъпа до кредити. Ето защо ежегодното изследване по индекса е важен индикатор за необходимостта от мерките, които страната ни трябва да предприеме с оглед подобряването на позицията и оценката си в бъдеще. Една от основните мерки е свързана със стимулиране на предприемачеството, което от своя страна ще доведе до по – висока заетост и доходи, а оттам и до по – висок икономически растеж.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. World Bank: "Doing Business 2010" World Bank Group, USA;
2. Haidar, J.I., (2012), "Impact of Business Regulatory Reforms on Economic Growth," Journal of the Japanese and International Economies, Elsevier, vol. 26(3), pages 285–307, September;
3. <http://www.enterprisesurveys.org>;
4. Гилова, Т., (2013), *Позиция на България в класацията за правене на бизнес*, Годишник, Том X, КИА – Пловдив, ПУИ „П. Хилендарски“;
5. Гилова Т., (2013), *Позиция на България в международните класации*, Пета национална научна конференция 2013 за студенти, докторанти и млади учени, СУБ–Пловдив;
6. World Bank Group – *Doing Business 2015 data for Bulgaria*;
7. <http://www.doingbusiness.org/data/exploreconomies/bulgaria>.

Контакти

Адрес: Технически университет – София, Филиал Пловдив, бул. „Санкт Петербург“ 63, Катедра „Индустиален мениджмънт“

E-mail: desislava\_shatarova@abv.bg





## ТЕНДЕНЦИИ НА ИНТЕГРАЦИЯ МЕЖДУ МАРКЕТИНГА И ЛОГИСТИКАТА

БОЙЧО БОЧЕВ, МАЯ БОЧЕВА

**Резюме:** Динамичното развитие на съвременната бизнес среда предизвиква много компании да търсят нови възможности за достигане на конкурентни преимущества. Използването на маркетинговата активност, логистичния мениджмънт и неговата производна – управление на веригата за доставки, са били ефективни през втората половина на миналия век, но днес не са достатъчни. За поддържане на висока конкурентноспособност е налице тенденция за все по-тясно обвързване на маркетинга и логистиката, проявяващо се в концепцията за създаване на вериги на база търсенето и развитието на теорията и практиката на управлението на веригите на търсенето.

**Ключови думи:** Маркетинг логистика, Управление на вериги за доставки, Управление на взаимоотношенията с клиентите, Управление на вериги на търсенето

## TRENDS IN THE INTEGRATION BETWEEN MARKETING AND LOGISTICS

BOJCHO BOCHEV, MAYA BOCHEVA

**Abstract:** The dynamic development of the modern business environment caused many companies to seek new opportunities to achieve a competitive advantage. The use of marketing activity, logistics management and its derivative - management of the supply chain, have been effective in the second half of the last century, but today are not enough. In order to maintain a high competitiveness there is a trend of more closely linking marketing and logistics, manifested in the concept of creating chains based on the search and the development of theory and practice of Demand Chain Management used

**Keywords:** marketing, logistics, Supply Chain Management, Customer Relationship Management, Demand Chain Management

### 1. Въведение

Бурните промени в бизнес средата, растящата конкуренция и непредвидими промени налагат на компаниите активно да търсят нови и нови възможности, които да им гарантират конкурентноспособност и устойчиво развитие. Това се отнася в една и съща степен както при отношението към произвежданите и предлаганите продукти и услуги, така и към всичко което се отнася пряко или косвено към процесите свързани с производството и реализацията на продукцията. На лице е тенденция на намаляване на ролята на марката, най вече поради размиване на разликите между

отделните продукти, в следствие и на прекопиране, и издигане на ролята на пътя, по който продукта достига до потребителя. Път, който днес изпълнява редица функции, а не е само средство за транспорт и преразпределение на количеството стоки. Тези тенденции се отразяват и на разбиранията, трактовката на това което се нарича логистика, дистрибуция, маркетинг и в тяхната все по голяма интеграция и като теория и като практика на мениджмънта.

### 2. Изложение

Основните тенденции, довели до развитието на концепцията за нарастване ролята

на маркетинговите канали и тяхното управление през последните години са :

1. Бърз растеж на разходите за транспорт - като цяло разходите са пораснали средно 4 пъти ,в същото време разходите за съхранение на запасите – 2 пъти.
2. Достигнат е предел за растеж на ефективността на производството. Основни резерви за снижение на разходите са в сферата на снабдяването и пласмента .
3. Изменение на разпределението на запасите. До шестдесетте години повече от половината запаси от готова продукция са собственост на търговци на дребно / ТД/, останалата част –на производителите и търговците на едро /ТЕ/. Днес ТД владеят 10 – 20 % от готовата продукция, останалите 80 – 90 % са собственост ТЕ и производителите.
4. Разширение на асортимента - процеса на сегментация, води до голяма фрагментация на пазара и от тук нарастване на запасите
5. Развитие на компютърните технологии - създават се нови възможности при отчитане на множество елементи и опериращи с голям обем данни.
6. Екологична безопасност.
7. Появата на големи вериги от ТД, които в голяма степен определят структурата на МК и оказват мощно въздействие на производителите [2], [4]

При производството на даден готов продукт участват редица компании, имащи пряко или косвено отношение към създаването на продукта и неговото придвижване до нуждаещия се от този продукт потребител. Системата, започваща от компанията добиваща суровина и достигаща до производство на готов продукт от нея, заедно с всички които имат някакво отношение към този процес се нарича технологична верига. Тя свършва при производителя на продукта. От него до потребителя се извършват дейности, отнасящи се към системата на дистрибуция, състояща се от един или няколко посредника, имащи пряко или косвено отношение към този процес

В широк смисъл разбирането за логистиката включва всички процеси свързани с доставката на суровини и други до получаването на готовия продукт от потребителя. Може да бъде дефинирана като система, чиято цел е осигуряване на подходящия продукт, в подходящото количество и в подходящото състояние / качество/ на подходящото място, в подходящото време, на подходящия клиент с подходящите разходи [5].

В тесен смисъл логистиката включва процесите за придвижване на необходимите

материали и други ресурси до производителя, а от производителя до потребителя е дистрибуция. Така могат да се обособят два канала – логистичен /с неговото управление се занимават специалисти или звената за материално техническо снабдяване на компаниите/ и дистрибуционен канал – с чието управление се занимават органите по пласмента. Основен инициатор и съответно лидер в тези канали е производителя. Той определя вида, структурата, цените, периодичността на доставките и др. Този модел обаче започва да се променя още в 60-70 -те години на 20 век. Търговци на едро правят собствени марки, изграждат собствени канали – „Проктър и Гембъл” ,”Макспенсър” и др. Появата и рязкото нарастване на дела им в търговията на големите вериги хипермаркети води до това, че те стават собственици на марки, на собствени канали. От друга страна, каналите за дистрибуция започват да изпълняват редица маркетингови дейности и се превръщат в маркетингови .Тази интеграция между логистика и маркетинг, води до появата на маркетинговата логистика, като нещо ново, различно. Острата конкуренция и необходимост от все по висока ефективност предизвиква появата на концепцията за веригите за доставки, която прераства по – късно в концепцията за вериги на търсенето.

Съвременното производство и логистика се развиват в съответствие с три основни тенденции: Ориентация към клиента; Специализация на ключовата компетентност /аутсорсинг/; Нарастващо проникване на информационните технологии в бизнеса. Важен принцип днес е – „Collaborate to compete“ – „Да си взаимодействате, вместо да се конкурирате” - основополагащ за успешен бизнес.[2] Той обуславя и значителни изменения в подходите на организация и управление на бизнеса.

Основната теза за маркетинговата логистика е, че се изгражда на основа на три характеристики на логистичната и маркетинговата система: оперативност / или скорост на реагиране на измененията на търсенето на купувачите/; надеждност на функционирането на логистичната и маркетингова система и взаимоотношения между партньорите за осигуряване на ефективното управление на доставките. Маркетинговата логистика управлява областта на взаимодействие на маркетинга и логистиката в контекста на широка верига за доставки и фокусиране на способите, с помощта на които обслужването на клиентите може да бъде използвано за достигане на конкурентно предимство.

Важна задача на МЛ се явява установяване на взаимно изгодни отношения между крайния потребител и производителя / доставчика/ на стоката или услугата .

За определяне на възможностите за интеграция на маркетинга и логистиката е необходимо да се уточнят отделните и общи функции:

**Функции на логистиката:**-определяне на потребностите на производителя от материални ресурси; на средствата необходими за придобиването на материалните ресурси; избор на- доставчик – продавач, -на условия за доставка и плащане; на оптималния размер на партидата за доставки; избор на тара и опаковка; на транспорт, складиране, съхранение; управление на движението на външните и вътрешни материални потоци и др.

**Функции на маркетинга:** изследване на пазара; търсенето; конкуренцията; прогнозиране на потребностите на купувачите от стоката; провеждане на реклама; информационно – посреднически услуги, разработка на предложения и препоръки за производството на нови стоки и услуги и др.

**Общи функции на маркетинга и логистиката:** Изучаване на пазарната конюнктура; ценообразуване; управление на запасите; след продажбено обслужване; водене на делови преговори и сключване на сделките; оказване на допълнителни услуги в процеса на доставка на стоката и др[2], [5].

При избора на стратегия на компанията влияние оказват две групи обстоятелства:

-ресурсен потенциал с който разполага / предмет на изучаване от логистиката / и пазарни позиции / предмет на маркетинга /, тоест необходимо е използване на схема на взаимодействие на маркетинговия и логистичния микс / logistics mix/ състои се от следните компоненти: складиране, управление на запасите, транспортиране, комплектация и опаковка, управление на логистичната информация /.

Във веригата за удовлетворение на търсенето МЛ обезпечава постигането на три основни ефекта: интеграция на маркетинговия и логистичен микс; формиране и предаване на максимални ценности на потребителите; координация на основните видове дейности в МК / производство, продажби, обслужване.

Усъвършенстването на принципите, методите и инструментите за управление на МК водят към все по тясно взаимодействие на дистрибуцията, логистиката и маркетинга. Съвременната тенденция на тези направления /т.е. усилване на необходимостта от тясната интеграция за ефективното управление на

стокопродвижването/ доведоха до появата на новата концепция – Управление на веригата за доставки / УВД -SCM-Supply Chain Management/ обединяващ процесите на маркетинг и логистика ,включвайки и дистрибуцията.

По този начин в рамките на дистрибуцията се формира поле за интеграция на маркетинга и логистиката, както и зони на постоянни конфликти между тях.

Развитие на теорията и практиката на маркетинга и окончателното закрепване като ключова концепция на управление на компанията на клиентоориентиран подход, не само съществено изменя организацията на дистрибуцията и логистиката, но и са подбудили компаниите за постигане на конкурентно преимущество да търсят нови форми на координация и интеграция в рамките на веригата за създаване на потребителски ценности.

Понятието ” верига на ценности” /ВЦ/ предлага М.Портър, който първи е описал взаимодействието на структурните подразделения на субекта на предприемачество в процеса на създаване на ценности. Той твърди, че успешното създаване на конкуренти предимства, зависи от това, как компанията организира и изпълнява отделните видове дейности, създавайки „верига на ценности”/ ВЦ / – това е система от взаимозависими видове дейности, между които съществуват връзки. Тези връзки възникват, когато метода на какъв и да е вид дейност влияе на стойността или ефективността на друг”[2]

На тази база се развива и теорията за управление на веригите за доставки / SCM/ Като верига за доставки се приема мрежа от компании- партньори, които съвместно преработват първичен продукт / апстрийм/, и получават от него готов продукт / даунстрийм/, който се оценява от крайния потребител, а също и компаниите които на всеки стадии контролират изхода и входа на производството. В резултат на дейността на всички партньори се увеличава добавената стойност чрез трансформация на разходи / материали и информация/ в продукция под формата на стоки и услуги. Управлението на веригите за доставки включва изпълнението на всички функции на мениджмънта от добиването на суровини до получаването на краен продукт, отговорящ на потребностите на крайния потребител.[1], [2], [5].

Ръстът на конкуренцията и постоянното търсене на бизнес – субектите на нови сфери за създаване на конкурентни преимущества е

подбудило по новому да се възприема не само ролята на логистиката, дистрибуцията и маркетинга в процеса на създаване на потребителски ценности, но и да изменят порядките и направлението на веригата на ценности, за нейната модернизация в посока от купувача към продавача, а не обратното- от продавача към купувача, тоест да стане клиенториенирана.

Концепцията за управление на ВЦ също така, разглежда възможността за тясно взаимодействие на SCM\ Supply Chain Management-управление на веригата за доставки/ и CRM /Customer Relationship Management-управление на взаимоотношенията с купувачите/\_ Концепцията SCM е съсредоточена към координацията на всички логистични функции- включително снабдителската, производствената и разпределителна логистика; CRM- обхваща управлението на дългосрочните взаимоотношения с клиентите, създавайки по този начин база за формиране на кръг от лоялни клиенти. Недостатък на тези две концепции бе отсъствието на взаимовръзка помежду им, независимо, че едната от тях \SCM\ се явява продължения на другата /CRM/, доколкото двете концепции създават и доставят на потребителите ценности с оглед на техните потребности.

В края на 20 век се появи, нова, разширена концепция- управление на веригите на търсене /DCM – Demand Chain Management\ която обединява по горните концепции. По определението на Селен и Солиман, управлението на мрежата за доставки е набор от практики, насочени към управлението и координацията на всички вериги на търсенето, започвайки от крайния, преминавайки през всички вериги от доставки към доставчиците на доставчика. В същото време, както традиционните технологии на управление на взаимоотношения с клиентите са насочени към автоматизация на процесите на маркетинга, продажбите и обслужването им в рамките на сферите на отговорност на компанията, все по често тези въпроси се разглеждат по цялата верига на доставки, тоест задача зад пределите на една компания и нейните най близки партньори .

Управлението на веригата за търсене е единственото решение което съкращава отдалечаването на традиционните системи SCM и CRM-по пътя на синхронизиране на дейността по продажби и маркетинг с операциите във веригата за доставки /снабдителска, производствена и разпределителна логистика/.

По този начин, управлението на веригата на търсенето е обединение на процесите на управление на веригата за доставки и взаимоотношенията с клиентите, за сметка на което се постига координация между създаването на търсене на пазара, получаване на поръчките и определяне на структурите на доставчици и субдоставчици в зависимост от спецификата на потребителското търсене. Ефективността от координация в такава верига трябва да се анализира и опирайки се на оценката на ефективността на взаимодействията на партньорите и тяхната ориентация на удовлетворение на потребности на клиентите, от мрежата на партньорите, включени във веригата, за всяка индивидуална поръчка, може да се избира този доставчик, който е способен в най пълна степен да удовлетвори потребностите на крайния потребител.

Важна особеност е, че процесът на създаване на ценности трябва да се разглежда като съвместен процес на участниците в МК, доколкото купувача /потребителя/, все повече се разбира като участник в този процес , т.е. като партньор, а самия процес се реализира в рамките на мрежата, състояща се от формално независими, но стратегически взаимосвързани бизнес –субекти.[2].

Концепцията на DCM е фокусирана към способности, с чиято помощ взаимодействието на логистиката / включва дистрибуцията и маркетинга, следпродажбеното обслужване/ позволява на компанията да формира конкурентни преимущества. Така, както потребителите все по често изискват индивидуализирани решения /клиентоориентиран продукт/, повишение на скоростта и качеството на доставките, пред и следпродажбеното обслужване, което обуславя и необходимостта от интеграция на по горе посочените функции под единно управление. Тази необходимост нараства с насищане на пазара със стоки, повишаването на конкуренцията и повишаване на чувствителностите на потребителите към скоростта на реакция на компанията на търсенето и качеството на обслужването.

Разглеждайки въпросите за установяването на новата концепция М.Кристофър определя, че конвергенцията на маркетинга и логистиката е основана на прости модели, подразбиращи, че ключовите сфери на компетенции на компанията – създаване на ценности за купувача, привлекателна марка и ефективна верига на доставки, са длъжни да бъдат стратегически взаимосвързани. Резултат от обединението на сферите на създаване на



търсене / маркетинга/ и сферата за удовлетворение на търсенето / логистиката/ се явява създаването на управляема на пазара стратегия за формиране на веригата за доставки, посредством която ценността ще бъде доставена до потребителите по най ефективния начин [4].

При определяне на същността на DCM следва да се отделят три аспекта: съдържателен / същностен/, организационен и инструментален. От гледна точка на съдържанието DCM предствлява сама по себе си дейност на фирмата, насочена към удовлетворяването на потребностите на клиентите при съхранение на висока ценност на предоставянето на стоки и услуги. От организационна позиция DCM се явява неразделна част от системата на интегрирана логистика на фирмата, гъвкаво реагираща на изменение на пазарното търсене и обезпечавашо високо ниво на обслужване. В инструментален аспект – представлява обединени функции на маркетинга и логистиката при доминиране на клиентоориентирания мениджмънт и всички активности по обезпечаване на конкурентните предимства на фирмата изработвани и управлвани от един център.[1], [2].

Маркетинговия подход към управлението на вергите за доставки /концепция DCM /се отличава от интеграцията на маркетинга и логистиката / или МЛ / по това, че последните функционират на операционно ниво и не засяга ключовите стратегически въпроси на взаимодействие на компаниите. МЛ само изгражда инфраструктура, позволяваща максимално ефективно да удовлетвори търсенето на потребителите с помощта на наличните възможности за интеграция на маркетинга и управлението на веригата доставки и не включва стратегически въпроси на взаимодействието на компаниите във веригата, плътното изменение на технологичния процес на производство с цел създаване на ценни за клиента предложение

Отличителни черти на маркетинговия подход към управлението на вериги за доставки:

- 1.Ориентация към предоставяните на потребителя ценности
- 2.Дългосрочни доверителни отношения както вътре във веригата, така и с потребителите.
- 3.Отказ от стратегия на снижения на разходите – такива свързани с увеличаване на ценността, се компенсират за сметка на по високата печалба получена от реализирането на ценно предложение.[2]

Процеса на интеграция на търсенето и доставките се осъществява в рамките на концепцията DCM за сметка на отчета на

потребителските изисквания и интереса, макро и микро сегменатацията, прогнозиране и осигуряване на своевременна доставка на стоки за купувачите във веригата на доставките. Работните взаимоотношения между SCM и CRM се основават на своеременно информиране на всички участници за нови възможности, които се откриват в системата на отношения ” купувач – стока “, на определени сегменти от купувачи, на планиране, придвижване и характеристика на веригата / верига на доставката, мощност, разходи и др /. Най важна роля по широко мнение, в рамките на концепцията DCM, играе маркетинга и неговата възможност за формиране и развитие на търсенето. От това следва, че маркетинга е основа за интеграцията на маркетинга и логистиката в рамките на концепцията

За достигането на успех в DCM трябва да се проведат значителни изменения вътре в компанията за да дееспособна, гъвкаво да реагира на измененията на пазара и търсенето, да предлага иновационни решения на проблемите на клиентите, да прилага гъвкави методи на доставки. Основни черти:

- преориентация от стока към купувачите; от запаси на продукция към информация за търсенето / поръчките;/ в оперативното събиране на информация в местата на продажби и бързото и предаване на производството, посредством което компаниите – лидери добиват значително съкращение на сроковете за реагиране на желанията на купувачите и като следствие – съществено съкращаване или пълно унищожаване на запасите; преориентация от сделки към взаимоотношения:[2]

Основните потенциални изгоди и дългосрочни перспективи от интеграцията на SCM и CRM в рамките на МК се изразява в:

-Повече възможности за контрол върху пласмента, каналите за разпределение, веригата за доставки, разходите за логистика. Води до укрепване отношенията на компанията с клиентите за сметка на повишаване качеството на обслужването и разширение на комплекса на маркетингови инструменти чрез включването на инструментариума на логистиката.

-Компонентите на управление на веригата за търсене / SCM и CRM/ играят определяща роля при постановката на дългосрочните цели и разработването на стратегията на веригата.

Достигането на целите на DCM е невъзможно без определяне на точно и ясно показана стратегия. Според Лангабер и Роуз стратегия на търсенето / или веригата на търсенето/ се състои от стратегията на управлението на веригата на доставки / фокус

на оптимизация на производството и дистрибуцията/; клиентска стратегия / фокус на пазар и клиентите/; продуктова и маркова стратегия .[2]/ фокус на ключовите задачи на продукта / и нуждите на потребителя; стратегия на маркетинга и продажбите / фокус за създаване на осведоменост и търсене/.

Основните фактори, съществените изменения на които свидетелстват за необходимост от преразглеждане на стратегията на търсенето ДСМ са: -търсеното; обслужването на клиентите; характеристика на стоката; разходите за разпределение; общата сума на паричните средства,които фирма харчи за разпределението; политика на ценообразуване. При изменение на един или няколко от факторите при анализ на действащата стратегия в ДСМ може да даде перспектива за съществено снижаване на разходите, свързани с разпределението.

За разглеждането на основните елементи на веригите за търсене най подходящ е моделът на Сток и Ламберт, представляващ комбинация от три взаимодействащи елементи: структура на веригата на търсене; бизнеспроцеси , протичащи вътре в нея, в компонентите на нейното управление; какво ниво на интеграция и управление трябва да се използват при всички връзки между процесите [2]

Бизнес процесите -това са видове дейности,предоставящи на потребителите конкретни ценности. Компоненти на управление –това се управленски промени с чиято помощ бизнес – процесите се интегрират и управляват в пределите на цялата верига .Ако целта на ДСМ е максимална конкурентноспособност и рентабилност на компанията, то интеграцията на процесите трябва да е насочена към повишаване на общата ефективност на дейността на всички участници

Основните бизнес процеси във ВТ са :  
- *по-скоро маркетингови* - управление на взаимоотношенията с потребителите; на обслужването на потребителите;управление на търсенето; изпълнение на поръчките на потребителите  
- *по- скоро логистични*: управление на потоците на производството;снабдяване;разработване и комерсиализация на продукцията;възвратни потоци [2].

Първа крачка към създаване на интегрирано управление на ВТ е установяването на ключови клиенти.

Важен елемент на ефективното на планирането на снабдяването, производството, дистрибуцията и транспорта вътре в компанията, което се постига по пътя развитие

на партньорски отношения с ключевите участници в ВТ и превозвачите.

За съгласуване на процесите на управление на производствените потоци с процеса на създаване на нови стоки, компанията е необходимо да разработва своите стратегически планове, съвместно с доставчиците. Привличането на ключовите доставчици на ранен етап на разработка на продуктите позволява рязко да се съкрати общото време за разработка на нови стоки. Съвременните инструменти на комуникации дават възможност значително да се снижат времевите и икономически разходи за снабдителските операции.

### 3. Изводи

Новите реалности налагат съкращаване на времето за изваждане на пазара на нови продукти. Съкращаването на жизнения цикъл води до намаляване и на времето за разработка и пускане на пазара. Това изисква за активно включване в процесите на проектиране на новите продукти активно включване на представители и на доставчици, и на др. партньори и на потребителите / краудсорсинг / Нараства и ролята на управлението на възвратните потоци, особено при продукти за които е важно незабавна замяна при проблеми. Интегрирането на бизнес процесите във веригата дава впечатляващи резултати за сметка на използване на оперативните и гъвкави интегрирани вериги. Такива процеси обхващат множество бизнес-функции и компаниите следва да провеждат анализ или реинженеринг на всеки ключов процес.

### ЛИТЕРАТУРА

- 1.ИвановД.,*Логистика – стратегическая кооперация,Вершина, Москва, 2005*
- 2.Кирюков С.И., *Управление маркетинговими каналами,Санкт–Петербургский государственный университет, Высшая школа менеджмента, 2010*
- 3.Кирюков С.И., *ДСМ: основные положения концепции управления цепью спроса,Copyright 2011 © Элитариум: Центр дистанционного образования ([www.elitarium.ru](http://www.elitarium.ru))*
- 4.Cristofer M., Peek H., *Marketing Logistics, Butterworth,Heineman, Onford ,2003*
- 5.HaririsonA.,vanHoek R., *LogistiksManagement and Strategy,Pearson EducationLimited, 2010*

Department of Industrial management  
Technical University–Sofia, Branch Plovdiv  
25 Tsanko Dystabanov St  
4000 Plovdiv, BULGARIA  
E-mail: brb.p@abv.bg



## КОМПЛЕКСНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА КИНЕМАТИЧНИТЕ ПАРАМЕТРИ НА КРИВОЛИНЕЙНО ДВИЖЕЩА СЕ ТОЧКА

АСЕН СТОЯНОВ

**Резюме:** Системата MathCAD осигурява възможности за провеждане на изследвания върху движението на точка с векторно представяне на кинематичните параметри или директно им определяне от координатно зададения закон на движението. В статията движението на точката се изследва в декартови, полярни и естествени координати.

**Ключови думи:** кинематика на точка, полярен радиус, радиална скорост, напречна скорост

## COMPREHENSIVE STUDY OF KINEMATIC PARAMETERS CURVED MOVING POINT

ASEN STOYANOV

**Abstract:** MathCAD system provides opportunities for conducting surveys on the movement of a point vector representation of the kinematic parameters or their direct determining of preset coordinate law of motion. In the article the movement of the point examined in Cartesian, polar and natural coordinates.

**Key words:** kinematics of a point, polar radius, radial velocity, transverse velocity

### 1. Основни положения

В MathCAD под вектор се разбира матрицата-стълб от трети ред. Задаване движението на точка във векторна форма означава, присвояване на трите елемента на вектора-стълб съответните аналитични изрази – представляващи проекциите на радиус вектора на точката върху осите на декартовата координатна система:

$$r_m(t) := (x_m(t) \quad y_m(t) \quad z_m(t))^T. \quad (1)$$

#### Задача:

Зададени са уравненията на движение на материална точка в координатна форма:

$$\begin{aligned} x_m(t) &:= 2 \cdot \sin\left(\pi \cdot \frac{t}{3}\right) - 5; \\ y_m(t) &:= -3 \cdot \cos\left(\pi \cdot \frac{t}{3}\right) + 4; \\ z_m(t) &:= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Да се покаже или определи:

- графиката на траекторията;
- в графичен вид изменението на скоростта, пълното, нормалното и тангенциалното ускорение на точката;
- радиуса на кривина на траекторията за произволно избран момент от време.

Изследването на движението на точката да се извърши в декартови, полярни и естествени координатни системи.

## 2. Изследване криволинейното движението на точка

Движението на точката се разглежда в съответната система за отчитане.

### 2.1. Движение в декартови координати

От панела „Calculus” на системата MathCAD се въвеждат шаблоните за производни от първи и втори ред с помощта на които се изчисляват аналитично съответните компоненти на скорости и ускорения а всички останали величини (големина на скорост, ускорени и радиус на кривината на траекторията) се определят с панела „Calculator”.

Решение на задачата при зададено (2):

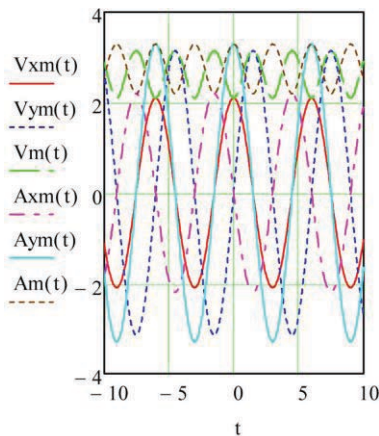
$$V_{xm}(t) := \frac{d}{dt} x_m(t); \quad V_{ym}(t) := \frac{d}{dt} y_m(t);$$

$$V_m(t) := \sqrt{V_{xm}(t)^2 + V_{ym}(t)^2};$$

$$a_{xm}(t) := \frac{d^2}{dt^2} x_m(t); \quad a_{ym}(t) := \frac{d^2}{dt^2} y_m(t);$$

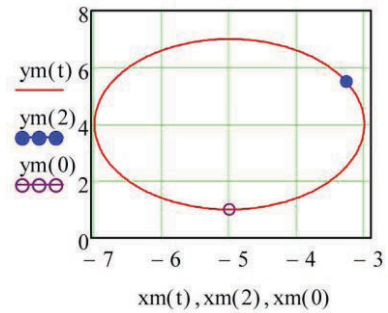
$$a_m(t) := \sqrt{a_{xm}(t)^2 + a_{ym}(t)^2}.$$

Закономерностите в изменението на кинематичните параметри са построени на Фиг. 1. с графичния редактор на MathCAD.



**Фиг. 1.** Скорости и ускорения на точката във функция на времето

Описаната траектория от точката е показана на Фиг. 2. На същата фигура с графичния редактор са изобразени началното и междинното (за момента от време  $t_1 = 2s$ ) положения на движещата се точка.



**Фиг. 2.**

### 2.2. Определяне кинематичните параметри при векторно зададено движение

Решение на задачата при зададено (2):

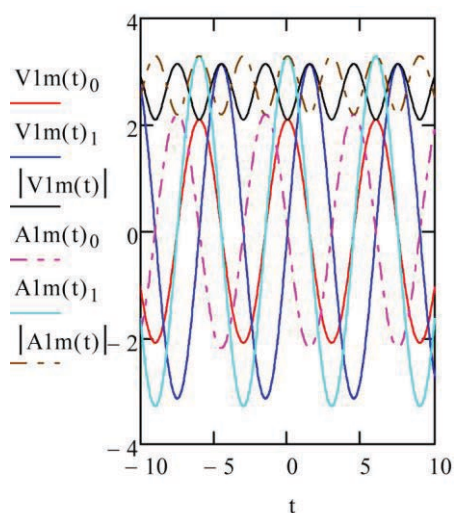
$$r1m(t) := \begin{pmatrix} 2 \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot t}{3}\right) - 5 \\ -3 \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot t}{3}\right) + 4 \\ 0 \end{pmatrix};$$

$$V1m(t) := \frac{d}{dt} r1m(t) \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{2 \cdot \pi \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot t}{3}\right)}{3} \\ \pi \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot t}{3}\right) \\ 0 \end{pmatrix};$$

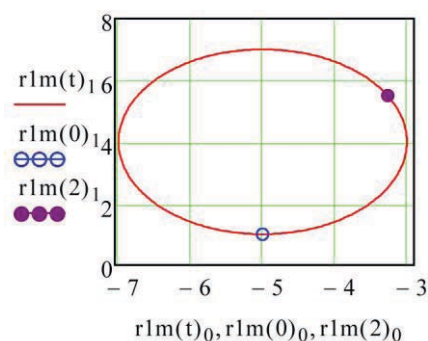
$$A1m(t) := \frac{d^2}{dt^2} r1m(t) \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{-2 \cdot \pi^2 \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot t}{3}\right)}{9} \\ \frac{\pi^2 \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot t}{3}\right)}{3} \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Както би трябвало да се предполага, решенията от Фиг. 3. и Фиг. 4. получени с графичния редактор на MathCAD съвпадат с тези от точка 2.1.





Фиг. 3.

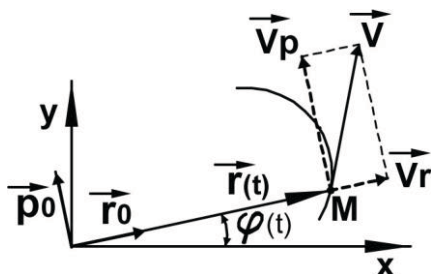


Фиг. 4.

### 2.3. Изследване движението на точката в полярни координати

По условие законът (2) на движение на точката е зададен в декартови, но използвайки системата MathCAD много лесно може да се премине към полярни координати.

Необходимо е полярния радиус и ъгъла склучен между него и абсцисната ос да бъдат зададени във функция на времето Фиг. 5.



Фиг. 5.

Ъгълът  $\varphi(t)$  може да се определи от обратната тригонометрична функция:

$$\varphi(t) := a \cos\left(\frac{r(t)_0}{|r(t)|}\right) \cdot \frac{r(t)_1}{|r(t)_1|}, \quad (3)$$

където допълнителният множител разширява областта на реалните стойности на ъгъла –  $[-\pi \leq \varphi \leq \pi]$ .

Задачата се опростява съществено ако полярния радиус и полярните единични вектори (виж Фиг. 5.) се представят във векторна форма.

Определянето на скоростите и ускоренията на т. М в полярни координати, е свързано с изразяването на ъгловата скорост на въртене на полярния радиус и неговото ъглово ускорение също във векторна форма.

Решението на задачата може да бъде проверено след съпоставка на получените резултати с предходните.

Решение на задачата при зададено (2):

$$rm(t) := \begin{pmatrix} 2 \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot t}{3}\right) - 5 \\ -3 \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot t}{3}\right) + 4 \\ 0 \end{pmatrix};$$

$$\varphi(t) := a \cos\left(\frac{rm(t)_0}{|rm(t)|}\right) \cdot \frac{rm(t)_1}{|rm(t)_1|};$$

$$rm0(t) := 1 \cdot \begin{pmatrix} \cos \varphi(t) \\ \sin \varphi(t) \\ 0 \end{pmatrix};$$

$$rm1(t) := |rm(t)| \cdot rm0(t);$$

$$\omega z(t) := \frac{d}{dt} \varphi(t); \quad \varepsilon z(t) := \frac{d^2}{dt^2} \varphi(t);$$

$$\omega(t) := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \omega z(t) \end{pmatrix}; \quad \varepsilon(t) := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \varepsilon z(t) \end{pmatrix};$$

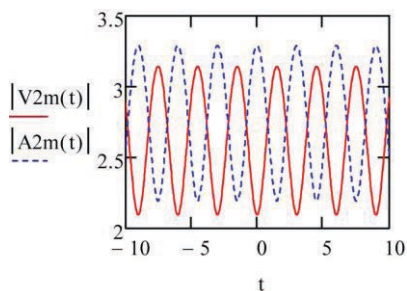
$$Vmr(t) := \left(\frac{d}{dt} |rm(t)|\right) \cdot rm0(t);$$

$$Vmp(t) := \omega(t) \times rm1(t);$$

$$A2mr(t) := \left[\left(\frac{d^2}{dt^2} |rm(t)|\right) \cdot rm0(t) + \omega(t) \times Vmr(t)\right];$$

$$A2mp(t) := \varepsilon(t) \times rm(t) + 2 \cdot \omega(t) \times Vmp(t);$$

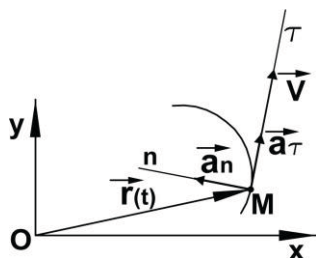
$$A2m(t) := A2mr(t) + A2mp(t).$$



Фиг. 6.

#### 2.4. Изследване движението на точката в естествения триедър на Френе

Изследване движението на точка в естествения триедър на Френе Фиг. 7. е свързано с векторната форма на представяне на кинематичните параметри.



Фиг. 7.

Много лесно със системата MathCAD може да се премине от координатно зададен закон на движението в естествен. За целта е необходимо задаването на единичните вектори на тангентата и нормалата към кривата Фиг. 7.

Решение на задачата при зададено (2):

$$rm(t) := \begin{pmatrix} 2 \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot t}{3}\right) - 5 \\ -3 \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot t}{3}\right) + 4 \\ 0 \end{pmatrix};$$

$$V3m(t) := \begin{pmatrix} \frac{d}{dt} xm(t) \\ \frac{d}{dt} ym(t) \\ \frac{d}{dt} zm(t) \end{pmatrix};$$

$$A3m(t) := \begin{pmatrix} \frac{d^2}{dt^2} xm(t) \\ \frac{d^2}{dt^2} ym(t) \\ \frac{d^2}{dt^2} zm(t) \end{pmatrix};$$

$$\tau(t) := \frac{V3m(t)}{|V3m(t)|};$$

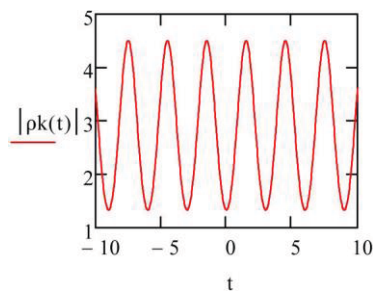
$$Am\tau(t) := \left(\frac{d}{dt}|V3m(t)|\right) \cdot \tau(t);$$

$$\omega k(t) := \frac{\sqrt{A3m(t) \cdot A3m(t) - Am\tau(t) \cdot Am\tau(t)}}{|V3m(t)|};$$

$$Amn(t) := (0 \ 0 \ \omega k(t))^T \times V3m(t);$$

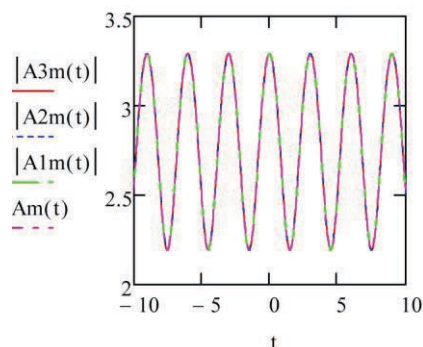
$$\rho k(t) := \frac{V3m(t) \cdot V3m(t)}{|A3mn(t)|}.$$

Измененията във времето на радиуса на кривина е показано на Фиг. 8.



Фиг. 8.

За проверка на задачата служи Фиг. 9.



Фиг. 9. Резултатите получени за ускорението на т. М и за четирите случая на разглеждане на движението съвпадат

### 3. Заключение

Комплексното изследване на криволинейното движение на точката показва големите възможности които предоставя системата MathCAD. Използването на векторната форма за представяне на съответните кинематични параметри и графичния редактор на MathCAD позволяват провеждането както на изследвания при координатно зададен закон на движението така и лесното преминаване в полярни и естествени координати.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Сердега Ю. П. Некрутов В.Г., (2013). *Решение задач механики с применением компьютерных технологий, 34-41 стр., Челябинск.*

Контакти: Жк. Стрелбище, ул. Дедеагач  
60<sup>А</sup>, вх. Д, ет. I, ап. №141.  
E-mail: asen\_dragomirov@mail.bg







## STUDYING DYNAMIC EFFECTS OF TELPHER MOTION IN CONSOLE CRANES USING SIMULATIONS

ILIR DOČI, SHABAN BUZA, AGRON PAJAZITI, VALON CAKOLLI

**Abstract:** Console Cranes are type of cranes used for load carrying in industrial facilities. They have lot of parts and mechanisms. Their working usage is high. Main cycles of work of console cranes are: lifting and lowering the working load, travel of telfer in two directions, rotation around vertical axes. In this work, we are going to study the work of particular type of console crane mounted on basement. Work cycle that will be studied is travel, or translation motion of telfer that is mounted on crane's boom. Loading during this process will be maximal loading capacity of crane. The aim is to see the effects of dynamic forces and moments in the crane's main parts – boom, column, lifting cables, constraints, during telfer travel, particularly at the start and end of the motion. Also interest is to study the effects of load swinging in crane's stability. Study will be done by modeling crane and applying simulations with computer applications. For this purpose, we modeled with software entire portal crane. Crane is modeled from standard manufacturer, as a common model of portal Crane mounted on basement.

**Key words:** console crane, telfer, translation motion, oscillations, modeling, simulations

### 1. Introduction

The type of Crane taken for study is *Vulkan*, from Manufacturer in Croatia [1], that operates in one local company. It is produced in year 2004 (Fig.1). Properties of crane are: Length of the Boom – 4.3 m. Mass of the Boom – 315 kg. Length of column – 3.5 m. Mass of column – 480 t. Max carrying load  $Q_{max} = 1.7 t = 1700 kg$ . Dimensions of load are 0.6x0.6x0.6 m. Weight of pulley: 55 kg. Weight of telfer, cables & rollers: 120 kg. Speed of telfer is:  $v_t = 0.20 m/s$ . This is single translation speed of telfer given by manufacturer [1]. Crane is mounted on basement with bolts.

During the travel (translation motion), telfer is in position  $L = 4 m$  from column. Length of lifting cables is 1.4 m. Length of hanging cables is 0.6 m. Distance of load from basement is  $H = 0.5 m$  (Fig.2).

Some parts of crane are modeled with Autodesk Inventor 2012 software [7], and other parts are modeled in VisualNastran 4d software [6].

Before simulations, weight  $Q$  (work load) is in the position of relative rest at the height  $H=0.5 m$  (Fig.1).



Fig.1. Console crane in working environment

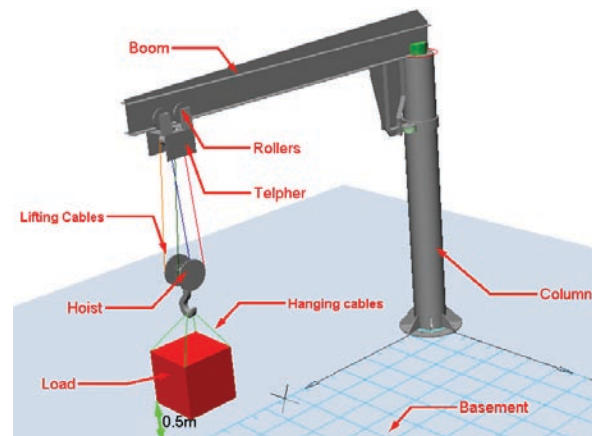


Fig.2. Model of portal crane with main parts

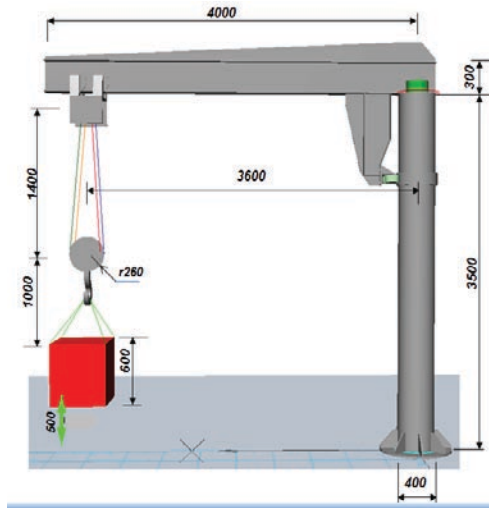


Fig.3. Main dimensions of portal crane (in mm)

We planned simulation scenario close to real work of trolley and crane which is best for achievement of reliable results. Trolley will move from outer part of boom towards column. Time length of simulation will be  $t = 20$  s. Simulation has three phases [4],[5]:

*First phase* – initial position of relative rest with no motion. Load hangs on hoist cables. Starts at time  $0 \text{ s} < t < 1 \text{ s}$ .

*Second phase* – process of active translation with speed  $v_t = 0.20$  m/s. Starts after first phase, between time  $1 \text{ s} < t < 14 \text{ s}$ .

*Third phase* - motion stoppage. trolley will stop moving, but load, pulley and hoist cables will continue to swing. Starts after second phase, between time  $14 \text{ s} < t < 20 \text{ s}$ .

## 2. Results of force (tension) in lifting cables

This is the force on lifting cables resulting from weight of load and pulley system which hangs and swings during trolley motion. Lifting cables lift up or lowers the load, but for the case of trolley motion they carry the load and pulley system (Fig.2). They are considered most loaded part of crane [3]. Dynamic forces that appear on these cables come from load swinging, pulley swinging and force in hanging cables. The diagram of tension force in cables is shown in Fig.4. Diagram of other three cables is similar with this one, with minor changes.

According to graph in Fig.4, medium value of tension force is  $F_{med} = 4450$  N that is close to static value of force [3],[5], needed for calculation of dynamic coefficient [1],[2]. On Fig.4, and other graphs in this work, horizontal axes represents time in seconds, and vertical axes represents value calculated. In this case it is Force in Newton (N)

*Phase one* of the process – There is no motion. Values of force are with oscillations. Max value of force in this phase is  $F_{c1} = 5200$  N. Value of amplitudes of force is low. Frequency of oscillations is  $\nu \approx 7$  Hz. Phase one is usually called “load stabilization phase”, before active motion.

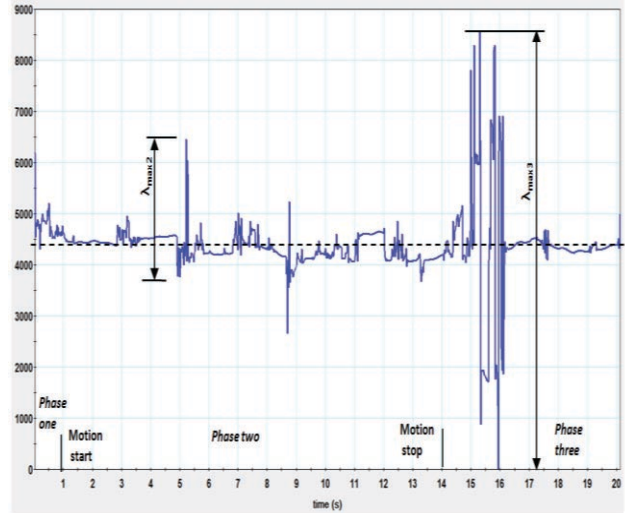


Fig 4. Tension on one of the lifting cables

*Phase two* – active translation period - motion of trolley, is carried between times  $1 \text{ s} < t < 14 \text{ s}$ . Maximum value of the tension force is  $F_{c2} = 65000$  N, in time  $t = 5.3$  s. Value of max amplitude is  $\lambda_{max,2} = 6500 - 3700 = 112300$  N. Maximal frequency of oscillations is  $\nu \approx 10$  Hz, between time  $5 \text{ s} < t < 6 \text{ s}$ .

*Phase three* – translation stoppage, between time  $14 \text{ s} < t < 20 \text{ s}$ . In this phase are achieved highest results of dynamic parameters for tension force. Maximum value is  $F_{c3} \approx 8500$  N, in time  $t = 15.3$  s, which is highest value of entire motion process. Value of max amplitude is  $\lambda_{max,2} = 8500 - 900 = 7600$  N. Maximal frequency of oscillations is  $\nu = 9$  Hz.

Based on comments above, and Fig.4, we can conclude that highest dynamic values of force are in phase three, after stoppage of motion, when load shows higher swings and oscillations. In this phase are received maximal values of oscillations, and amplitudes.

If we find the ratio between max value of dynamic force gained from results (fig.2) and medium value of force, we can calculate dynamic coefficient for this case [2],[3],[4]:

$$\psi = \frac{F_{dynamic}}{F_{static}} = \frac{8500}{4450} = 1.91$$

This concludes that value of dynamic force is higher than that of static force for 91%. This high value of tension force happens only in short period of time ( $15 \text{ s} < t < 16.2 \text{ s}$ ), and repeats 7 times with close values. This is a matter of concern that

requires attention and needs to be taken in consideration when calculating cables and selection of safety factors for cables that will be implemented on these cranes.

Conclusion is that lifting cables are heavily loaded with oscillations that results in high amplitudes and high number or frequencies in most of the telpher motion process.

### 3. Force in the connection between column and boom

This connection is important part of these cranes for determining dynamic effects in crane's main parts-boom and column. This connection is constraint and it is a part of rotation mechanism. In fig. 6 is shown the graph of resultant force in this connection for the case of telpher motion.

Dynamic occurrences that appear come from load swinging, cables and boom oscillations, and thereafter will be passed to boom, column and on basement [5]. Resultant force calculated in this connection, which is a restraint, is  $F_{rmax} = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$  (Fig.5).

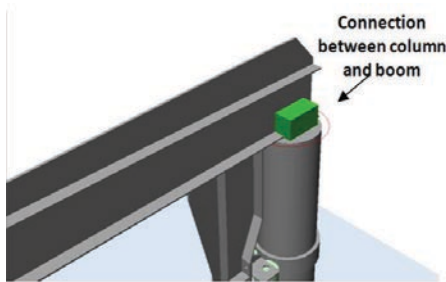


Fig.5. Connection-constraint between platform and mast

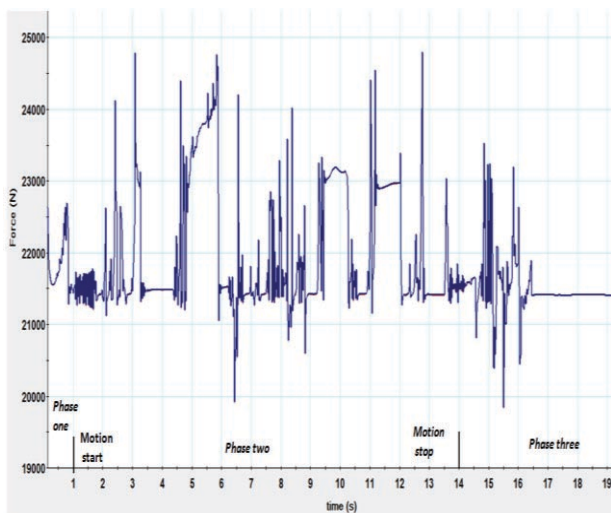


Fig.6. Resultant force in the connection between column and boom

Commenting results from graph in Fig 6, we can conclude that curved line shows heavy dynamic

nature of process that occurs in constraint. Value of max amplitudes are spread on entire graph (process), mainly during second phase  $1 s < t < 14 s$ , and after after motion stoppage  $14 s < t < 16 s$ . After time  $t \approx 16 s$ , oscillations have tendency of dropping down to the level of static values.

Medium value of resultant force is  $F_{rmed} = 21400 N$ , which is close to static value. Maximum value of the resultant force is  $F_{rmax} = 24700 N$ , in times  $t_1 = 3.1 s$  and  $t_2 = 12.8 s$ . These values are gained during translation period and after motion stoppage. Compared to value of medium force, it is an increase of 15%. This is significantly less than dynamic force - tension in restraint cables.

Max value of frequency of oscillations is  $\nu \approx 7 Hz$ , which occurs at time  $7 s < t < 8 s$  and  $15 s < t < 16 s$ . Value of max amplitude is  $\lambda_{maxF} = 24700 - 21000 = 3700 N$ , that occurs on time  $t = 6s$ . This is very high amplitude which heavily loads this constraint and boom of crane.

### 4. Force and momentum in the connection of column and basement

This connection is a constraint that connects column and basement of crane. These parameters are important for studying resultant force and momentum (torque) at the bottom of crane's column that connects with basement, and are also important for studying crane's stability. (fig. 7) [4],[5]. Dynamic occurrences that appear here are passed from load and pulley swinging, telpher and boom oscillations.

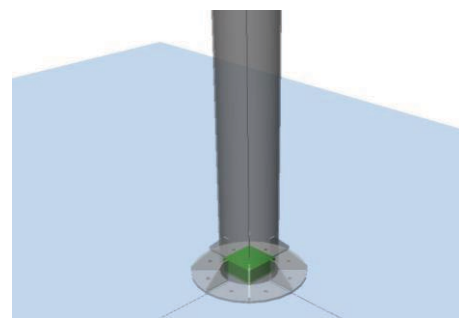


Fig.7. Model of connection-constraint between column and basement

Static value of force and moment is calculated from equations of equilibrium (Fig.8):

$$1) \sum Y_i = 0 \quad Y_A = 0; \quad (1)$$

$$2) \sum Z_i = 0 \quad Z_A - G_q - G_1 - G_2 = 0; \quad (2)$$

$$3) \sum MA_i = 0 \quad M_A - G_1 \cdot (4000/2) - G_q \cdot 3600 = 0 \quad (3)$$



$G_q = 1875 \text{ kg}$  – sum of weights of load, pulley, cables, telpher and wheels;  
 $G_1 = 315 \text{ kg}$  – weight of boom;  
 $G_2 = 480 \text{ kg}$  – weight of column.

From equation (2) we will find component  $Y_A$  :

$$Z_A = G_q + G_1 + G_2 = 1875 + 315 + 480 = 2670 \text{ kg} \cdot 9.81 = 26192.7 \text{ N} \quad (4)$$

From equation (3) we will find momentum (torque):

$$M_A = G_1 \cdot 2 + G_q \cdot 3.6 = 315 \cdot 9.81 \cdot 2 + 1875 \cdot 9.81 \cdot 3.6 = 72397 \text{ Nm} \quad (5)$$

Although, this is calculation in 3 dimensions, components on X direction are small and neglectible while there is no motion towards X, and no significant oscillations appear towards x axes.

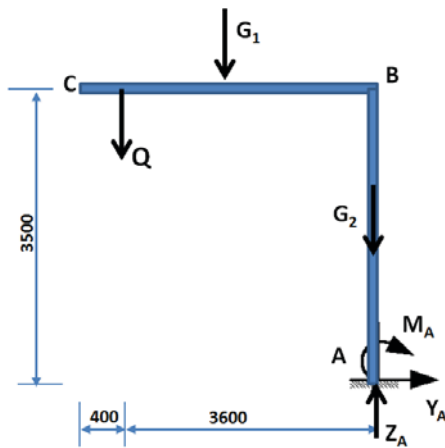


Fig.8. Diagram of forces and moments for calculation

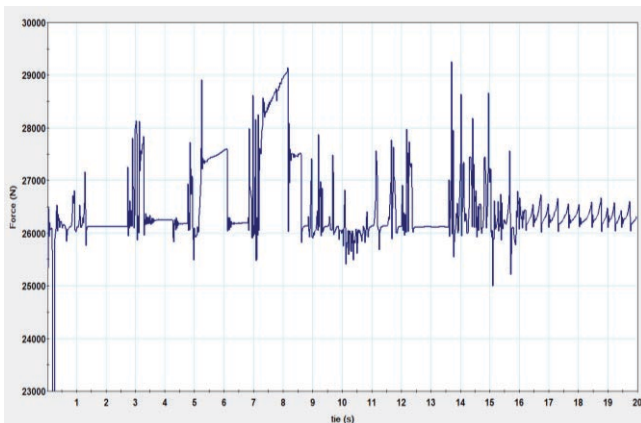


Fig.9. Graph of resultant force in the constraint between column and basement

In fig. 9 is shown the graph of resultant force in constraint  $F_{rmax} = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$  for the case of telpher translation. Medium value of resultant force in graph is  $F_{rmed} = 26200 \text{ N}$ , which is close to static value (eq.4).

We can conclude that curved line shows heavy frequencies and oscillations in bottom of column which are spread on entire process. Only after time  $t \approx 16 \text{ s}$ , oscillations have tendency of dropping down.

Maximum value of the resultant force is  $F_{rmax} = 29300 \text{ N}$ , which appears in time  $t \approx 13.7 \text{ s}$ . There are four other extreme values of resultant force close to this maximal value. This value is reached little before motion stoppage. Compared to value of medium force, it is an increase of 12.2%. This is close to dynamic force in connection between boom and column (paragraph 3). The curve of resultant force from fig.9 has similarities with fig.6. This proves that forces at bottom mast are directly passed from boom and column. Max value of the frequencies of oscillations is  $\nu = 10 \text{ Hz}$ , which occurs at time  $14 \text{ s} < t < 15 \text{ s}$ .

In fig. 10 is shown the graph of momentum (torque)  $M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}$ . This is important parameter for calculating crane's stability from overturning. It is also important for calculation of bolts that fasten the column with basement.

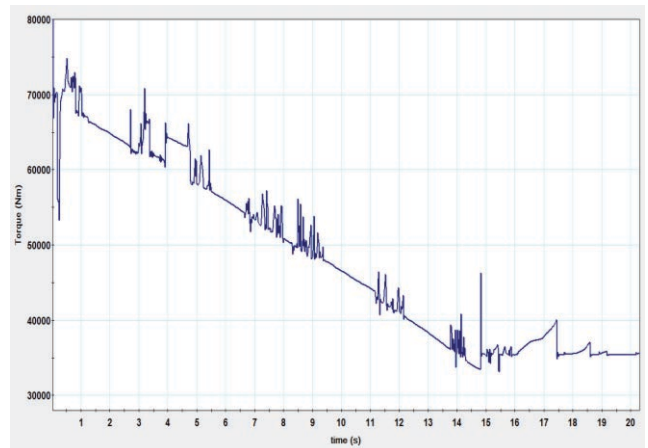


Fig.10. Graph of torque (momentum) in the constraint between column and basement

As a conclusion, based on results from fig.10, momentum in constraint is of dynamic nature with frequencies and oscillations that occurs in bottom mast, which are being passed from boom and column. At the beginning, on phase one  $0 \text{ s} < t < 1 \text{ s}$  is gained medium value of resultant torque is  $M_{rmed} \approx 72000 \text{ Nm}$ , which is close to static value (eq.5).

On phase two,  $1 \text{ s} < t < 14 \text{ s}$ , graph on Fig.10 shows values of torque that drops down due to movement of telpher towards crane's column. After stoppage time  $t > 14 \text{ s}$ , values of torque are close to constant value. During entire process, values of torque show frequencies and amplitudes. Maximal frequencies of torque are  $\nu = 10 \text{ Hz}$ , which occurs between times  $8 \text{ s} < t < 9 \text{ s}$ . Amplitudes of torque



can reach up to  $\lambda_{\max} = 71000-62000 \text{ Nm} = 9000 \text{ Nm}$  ( $t = 3 \text{ s}$ ). These amplitudes are high and should be taken in consideration in calculation of crane's metal construction.

### 5. Stresses on the boom

Stress and strain analysis are important parameters for determining the nature of forces and momentums that act in one machine part. It gives the view which part of one machine or component is loaded, and how it is loaded. It is also best parameter to conclude whether the material of that component can handle loading. Dynamic loading gives results of dynamic stress, and it is not the same than static stress.

In this paragraph we will show how are dynamic stresses spread in entire Crane's boom. The reason for selection crane's boom for stress analysis is while this component carries motion of telfher on its length, and is directly loaded from parts that move. In Fig. 11 are shown stresses spread in the contour of crane's boom, which are calculated using Finite Elements Method (FEM) as a integral part of simulation software [6]. Values of stress change during telfher motion, and are highest in the location where telfher is positioned.

In fig.12 is given graph of stress in crane's boom. This is the *Von Misses Stress* that software calculates based in formula:

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  – componential normal stresses, maximal or minimal inside the material region point.

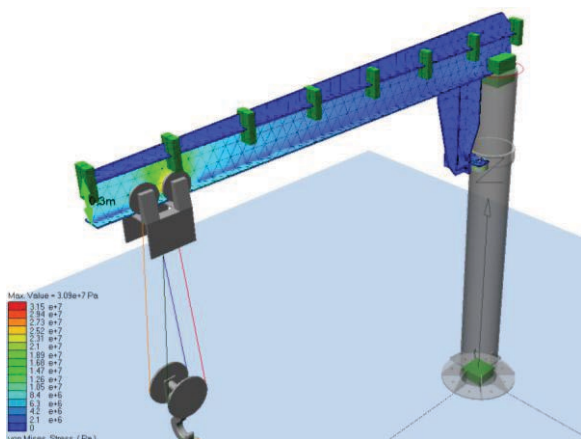


Fig.11. Values of stress spread on the contour of crane's boom, using Finite Elements Method

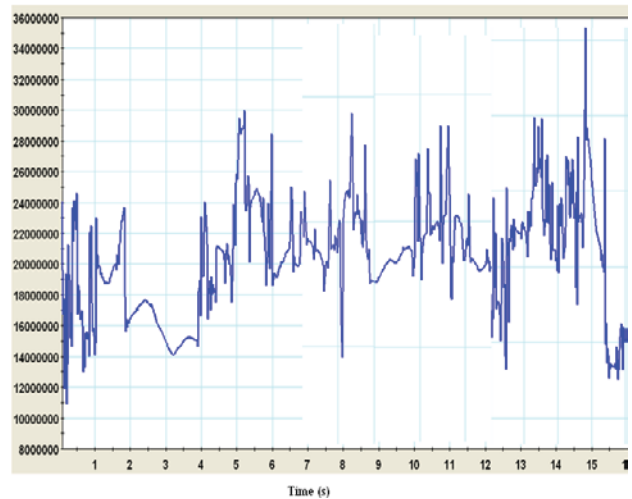


Fig.12. Graph of of stress spread on the contour of crane's boom

Based on Graph Fig.12, values of stress in crane's boom are of intensive dynamic nature with oscillations, high frequencies and amplitudes. This happens on entire telfher motion. Medium value of stress is  $1.8 \cdot 10^7 \text{ Pa}$ , close to static value. Max value of stress is after motion stoppage on time  $t \approx 15 \text{ s}$ , with value  $\sigma_{\max} = 3.6 \cdot 10^7 \text{ Pa}$ . This is 100% higher than medium value, but occurs only once. Most of max values of stress are around  $\sigma_{\max} \approx 2.85 \cdot 10^7 \text{ Pa}$ , which is aprox. 59% increase than static stress. This is a matter of concern and should be taken in consideration when selecting material for crane components.

Maximal frequencies of stress are  $\nu \approx 8 \text{ Hz}$ , which occurs between times  $12 \text{ s} < t < 13 \text{ s}$ . Amplitudes of stress can reach up to  $\lambda_{\max} = 3 \cdot 10^7 - 1.4 \cdot 10^7 \text{ Nm} = 1.6 \cdot 10^7 \text{ Nm}$ . ( $t \approx 8.3 \text{ s}$ ). These amplitudes are very high and should be taken in consideration in calculation of crane's boom.

### 6. Conclusion

Studying translational motion of telfher on console cranes proved the dynamic nature of the process. Applying simulations with software [6] is a good method to find dynamic forces and momentums on crane, and is a good method for determining dynamic stability.

These forces and momentums should be calculated for each major part and connection, as it is done in this paper, in order to have best picture of occurrences in machine parts and components, in this case on console cranes. Results are shown for some crucial parts of these cranes, and they are commented for each case.

Main issues of telfher motion in these cranes are:

- Intensive oscillations during motion,

- High frequencies of studied parameters that go up to  $v = 10$  Hz. Based on literature [3, p.77], frequencies are between 3 Hz and 7 Hz.
- High amplitudes of oscillations, and mostly with irregular occurrence.

Most complex work periods are motion start and stoppage. Most of crane's metal parts studied here can handle dynamic forces and moments, based on their properties and materials [1] and from tables in literature [2]. But in some cases, like tension force in restraint cables, and stresses in the boom, the values gained exceeds the limitations, which are matter of concern. These oscillations that might be difficult to measure with actual instruments, can explain causes of stability problems, parts failure and materials fatigue. They are mainly induced by load swinging that produces forces in lifting cables, boom, column and other parts.

Based on these conclusions, following measures should be taken:

- Material of parts and components should be chosen after careful analysis of dynamic occurrences. Considering dynamic factors from literature [2],[3], and other literature is a good reference, but analysis with simulations can give better pictures of real occurrences.

- Proper restraints in crane connection between boom and column, and between column and basement should be done with high priority, based on results of simulations, in order to prevent crane overturning.

- Speed of motion should be kept as lower as possible, in order to minimize negative effects of load swinging, and directly increase of dynamic forces and moments.

## REFERENCES

- [1] *Manual of usage of portal crane type Vulkan*, Rijeka, Croatia, 2004.
- [2] DIN Taschenbuch 44, *Krane und Hebezeuge 1*, Beuth, 1995, DIN 15018 Teil 1, page 262-264.
- [3] Dresig, Hans, *Shwingungen mechanischer Antriebssysteme, Modellbildung, berechnung, analyse, synthese*, Sprenger Verlag, Berlin, 2001, p.66-68.
- [4] Ilir Doçi, Beqir Hamidi, Bujar Huruglica, *Analysis of translational motion of gantry crane with full loading using simulations*, 3rd International Scientific Conference on Engineering, MAT 2014, Mostar, Bosnia & Herzegovina.
- [5] Ilir Doçi, Musli Bajraktari, *Studying influence of the load horizontal movement in dynamic behaviour of tower cranes using finite elements applications*, 11<sup>th</sup> International Research/Expert Conference, TMT 2007.
- [6] MSC VisualNastran 4D User Guide, MacNeal-Shwendler Corporation, Santa Ana, 2003.
- [7] Autodesk Inventor 2012 User Manual, Autodesk Co.

### *Authors' contacts :*

*Contacts:* Ilir Doci,  
Faculty of Mechanical Engineering –University  
of Prishtina, Kosovo  
*Address:* Technical Faculty Building, Sunny  
Hill, nn. 10000 Prishtina, Kosovo  
*E-mail:* ilir.doci@hotmail.com