

Българско списание за Инженерно ПРОЕКТИРАНЕ

брой №10, февруари 2012г.

ЦЕЛ И ОБХВАТ

„Българско списание за инженерно проектиране” е периодично научно списание с широк научен и научно-приложен профил. Целта му е да предостави академичен форум за обмен на идеи между учените, изследователите, инженерите, потребителите и производителите, работещи в областта на машиностроенето, транспорта, логистиката, енергетиката, технологиите, съвременното компютърно проектиране, а също така и в областта на различни интердисциплинарни научни и научно-приложни проблеми. Издателите приветстват научни публикации с високо качество и значими научни, научно-приложни и творчески приноси.

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

Почетен председател

Л. Димитров, ТУ-София, България

Председател

Б. Григоров, ТУ-София, България

Членове

М. Георгиев	ТУ-София, България	К. Деметрашвили	ТУ, Тбилиси, Грузия
Д. Ралев	ТУ-София, България	С. Симеонов	ТУ, Бърно, Чехия
Г. Дюкенджиев	ТУ-София, България	В. Иванов	Одески национален политехнически университет, Украйна
М. Денчев	ТУ-София, България	А. Янакиев	Nottingham Trent University, UK
И. Малаков	ТУ-София, България	Н. Чернев	University of Auvergne, France
П. Петров	ТУ-София, България	В. Lepadatescu	Transilvania University of Brashov, Romania
В. Панов	ТУ-София, България	N. Zrnic	University of Belgrad, Serbia
М. Георгиев	ТУ-София, България	М. Jovanovic	University of Nish, Serbia
Ст. Карапетков	ТУ-Сливен, България	D. Michalopoulos	University of Patras, Greece
Б. Туджаров	ТУ-София, България	N. Kubota	Tokyo Metropolitan University, Japan
М. Вичева	ТУ-София, България	С. Емельянов	Юго-Западный гос. университет, Курск, Россия
Н. Николов	ТУ-София, България	Л. Червяков	Юго-Западный гос. университет, Курск, Россия

Редактор

Р. Митрев, ТУ-София, България

Издател: Машиностроителен факултет, Технически университет-София. ISSN 1313-7530; Адрес на редакцията: София, бул. Климент Охридски №8, Технически Университет-София, бл.4, Машиностроителен факултет; Електронна версия: bjed.tu-sofia.bg

Bulgarian journal for **Engineering Design**

issue №10, february 2012

AIM AND SCOPE

Bulgarian Journal for Engineering Design is a periodical scientific issue covering wide scientific and application areas of engineering activities. The aim of the journal is to provide an academic forum for exchange of ideas and information between scientists, engineers, manufacturers and customers working in the spheres of mechanical engineering, transport, logistics, power engineering, modern computer – aided design and technology and solving different interdisciplinary scientific and applied problems. The editors welcome articles of substantial quality bearing significant contribution to the engineering knowledge.

EDITORIAL BOARD

Honorable chairman

L.Dimitrov, TU-Sofia, Bulgaria

Chairman

B.Grigorov, TU-Sofia, Bulgaria

Members

M.Georgiev	TU-Sofia, Bulgaria	K.Demetrashvili	TU, Tbilisi, Georgia
D.Ralev	TU-Sofia, Bulgaria	S.Simeonov	TU, Brno, Czech Republic
G.Diukendzhiev	TU-Sofia, Bulgaria	V.Ivanov	Odessa national university, Ukraine
M.Danchev	TU-Sofia, Bulgaria	A.Ianakiev	Nottingham Trent University, UK
I.Malakov	TU-Sofia, Bulgaria	N.Chernev	University of Auvergne, France
P.Petrov	TU-Sofia, Bulgaria	B.Lepadatescu	Transilvania University of Brashov, Romania
V.Panov	TU-Sofia, Bulgaria	N.Zrnic	University of Belgrad, Serbia
M.Georgiev	TU-Sofia, Bulgaria	M.Jovanovic	University of Nish, Serbia
St.Karapetkov	TU-Sliven, Bulgaria	D.Michalopoulos	University of Patras, Greece
B.Tudzharov	TU-Sofia, Bulgaria	N.Kubota	Tokyo Metropolitan University, Japan
M.Vicheva	TU-Sofia, Bulgaria	S.Emelianov	South West State University, Kursk, Russia
N.Nikolov	TU-Sofia, Bulgaria	L.Cherviakov	South West State University, Kursk, Russia

Editor

R.Mitrev, TU-Sofia, Bulgaria

Publisher: Mechanical Engineering Faculty, Technical University-Sofia. ISSN 1313-7530; **Publisher Address:** Bulgaria, Sofia, Kliment Ohridski blvd. №8, Technical University-Sofia, Mechanical engineering faculty; **Electronic version:** bjed.tu-sofia.bg;

СЪДЪРЖАНИЕ

Modeling and feedback tracking control of a quadruped robot using virtual leg approach.....	5
P.Petrov	
Об одном из возможных способов решения обратной позиционной задачи для одноковшовых гидравлических экскаваторов.....	13
П.Побегайло	
Tests of some materials used in the cages construction.....	21
T.Bolfa	
Метод „Описания” за концептуално проектиране на технически обекти.....	25
М.Лепаров	
Визуална среда за симулиране на 802.11N безжични мрежи.....	37
В.Христов	
Методика экспресс анализа энергопотребления при экскавации горных пород.....	45
А.Комиссаров, П.Побегайло, В.Шестаков	
Приложение на метода на структурна рекурсия за анализ на CAD модел на сглобена единица.....	49
П.Горанов, А.Стоев	
Анализа и сравнение на различни марки мотокари от гледна точка на масовия им коефициент.....	55
А.Николов	

CONTENTS

Modeling and feedback tracking control of a quadruped robot using virtual leg approach.....	5
P.Petrov	
A possible approach for solution of the inverse kinematic task for hydraulic excavators.....	13
P.Pobegailo	
Tests of some materials used in the cages construction.....	21
T.Bolfa	
Method “Descriptions” for conceptual design of technical objects.....	25
M.Leparov	
A visual environment for simulation of 802.11N wireless networks.....	37
V.Hristov	
Express analysis of power consumption of digging of rocks.....	45
A.Komissarov, P.Pobegailo, V.Shestakov	
Application of the method of structural recursion for analysis of CAD assembly model.....	49
P.Goranov, A.Stoev	
Analysis and comparison of different brands of ice forklifts in terms of their mass coefficient....	55
A.Nikolov	

MODELING AND FEEDBACK TRACKING CONTROL OF A QUADRUPED ROBOT USING VIRTUAL LEG APPROACH

Plamen PETROV

Automation of discrete production dept., Technical University-Sofia, Bulgaria

e-mail: ppetrov@tu-sofia.bg

Abstract: This paper proposes a mathematical model and feedback control for a quadruped robot using virtual leg approach. The robot modeling is based on Lagrange formalism by using the Denavit-Hartenberg convention for coordinate frame assignment. Two nonlinear inverse dynamics-based control schemes (dynamics-based combined with PID controller and kinematics-based control) have been proposed for tracking a reference trajectory. Simulation results for rectilinear motion of the robot are presented to illustrate the effectiveness of the proposed controllers.

Keywords: Quadruped robot, virtual leg, mathematical model, trajectory tracking, inverse dynamics control, PID control

1. INTRODUCTION

Legged robots have advantages over wheeled or tracked mobile robots for locomotion over unstructured terrain, which is a result of the discrete foot-terrain interactions. In recent years, a number of walking robots with different number of legs (two [1], four [2], six [3], eight [4]) have been constructed. A major problem preventing easy mathematical modeling analysis of legged locomotion system is the high-order nonlinear dynamics of this kind of robots. However, development of a mathematical model of the robot is essential for realization of legged locomotion (simulation studies, performance evaluations, gait planning and controller design). Legged locomotion is characterized by holonomic constraints. Development of the dynamic model of a legged robot involves the derivation of the equations of motion depending on the locomotion gait. For a legged robot in statically stable walking, often the speed of the leg motion is higher than the speed of the of the body motion and in this case, the dynamics effect of the legs are significant. On the contrary, during the dynamically stable waking, the robot maintains the balance at any time. In this case, one approach to modeling a legged robot has been to assume a body supported by massless legs [5], if the legged robot is walking in a higher speed or the body-to-leg weight ratio is relatively high. The problem of dynamic modeling constrained mechanical systems with application to legged robots was considered in [6]. An important contribution on the study of legged dynamics comes from Raibert's work [7] using the concept of the virtual leg which

symbolizes two real legs with simultaneous motion. The model of the quadruped with coupled diagonal legs is equivalent to the model with two virtual legs with the same dimensions, but with double mass. The ground reactions and joint motor torques are also double [8].

The control system of a legged vehicle must be able to generate and coordinate leg and body movements. The control of each single leg requires different strategies depending on whether the foot is in the air or on the ground. In the flight phase, the main objective is position and velocity control. In the support phase, an additional force has to be applied to support the vehicle body. Since the body trajectory is known, the trajectories of the links of the legs, which are on the ground can be computed. The trajectories of the feet, which are in the air must be planned separately. Using the concept of two virtual legs, the most important objective in the double support phase is to set the initial state of the anterior leg at the given reference state, because the motion in the single support phase is locally uncontrollable [9]. In [10], a control scheme based on PD control law was used for the translation and turn actuators of the walking robots. PID controllers for quadruped robots were designed in [11]. Results of experiments showed that PD and PID controllers are very effective for practical use. In [12], a several force control law based on different versions of PI controllers were developed. In [13], an adaptive computed torque type controller for a quadruped robot was proposed.

In this paper, we present a solution to modeling and feedback motion control of a quadruped walking robot using virtual leg approach. The modeling

procedure is based on the Lagrange formulation and Denavit-Hartenberg notation for coordinate frame assignment. Two nonlinear inverse dynamics-based control schemes (dynamics-based combined with PID controller and kinematics-based control) have been proposed for tracking a reference trajectory. In the remainder, this paper is organized as follows: In Section 2, a dynamic model of a quadruped robot is developed. In Section 3, two nonlinear control schemes for tracking a given trajectory of the robot are designed. In Section 4, we present some simulation results. Section 5 concludes the paper.

2. DYNAMIC MODEL OF A QUADRUPED ROBOT

A legged robot in motion is at any one moment a complex combination of open and closed kinematic chains since the legs, which are on the ground form closed loops with the body and the ground, while the legs which are in the air represent open chains. The equations of motion for a legged robot are function of which legs are on the ground, and the dynamics is different depending on the phase of a gait [6]. In this paper, we consider a quadruped walking robot with leg configuration similar to TITAN-VIII [14]. The four legs are identical three-degree-of-freedom (rotary-rotary-rotary) mechanisms.

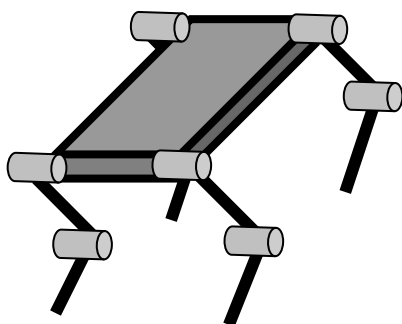


fig.1 A simplified quadruped robot geometry

In order to simplify the presentation and, in the same time, to illustrate the essential of dynamic modeling and control of the walking quadruped, the following factors are considered: the vertical shoulder actuators are locked and the lengths of the shoulder links are equal to zero. In this case, each leg of the *simplified* robot is a planar two degree-of-freedom mechanism with two rotational

joints, as shown in Fig. 1. This kinematic scheme can perform straight-line motion of the robot. In the trot gait considered in this paper, the quadruped moves the legs in pairs formed by the diagonal legs and it can be viewed as an equivalent biped, i.e., two physical legs are made to act like a single equivalent virtual leg located between them, as shown in Fig. 2, [7, 8].

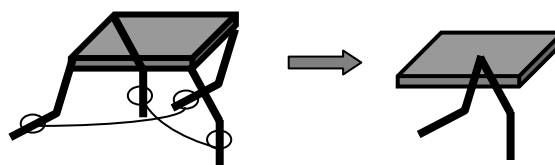


fig.2 The virtual leg concept

The forces and torques exerted on the body by the set of physical legs and by the virtual leg are equal, so the behavior of the body is the same in both cases. Each pair of legs touches and leaves the ground simultaneously. The virtual leg concept permits to express and analyze the behavior of a walking robot in simpler terms. We consider a walking biped robot moving in a vertical plan as shown in Fig. 3. The kinematic model of the walking robot is described using Denavit-Hartenberg notation [15], (Fig. 3) for coordinate frame assignment. The z -axes are normal to the page and $Fxyz$ is an inertial frame with Fx axis parallel to the direction of motion of the robot. The origin P of the body frame $Pxyz$ is located at the body center of mass. The link parameters of the front and rear virtual legs are shown in Table 1 and Table 2, respectively, where $(\theta_{i1}, \theta_{i2})$, $i = 1, 2$ are joint variables.

table 1 Link parameters of the front leg

link	a_i	α_i	d_i	θ_i
1	a_1	0	0	θ_{11}
2	a_2	0	0	θ_{12}

table 2 Link parameters of the rear leg

link	a_i	α_i	d_i	θ_i
1	a_1	0	0	θ_{21}
2	a_2	0	0	θ_{22}

We assume that the body is always horizontal during the trotting and the speed of point P is constant. In this case, the body coordinate frame can be considered as an inertial frame.

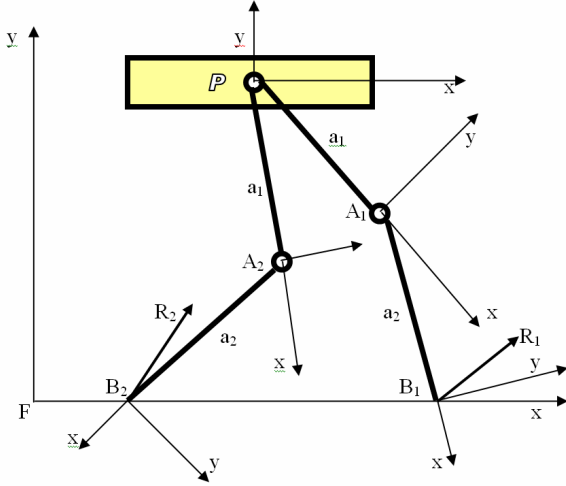


fig.3 The virtual leg walking robot geometry

The forward kinematics of the legs expressed in the body coordinate frame is given by

$$p_{B_i} = \Theta a, \quad i = 1, 2 \quad (1)$$

where

$p_{B_i} = [x_{B_i} \ y_{B_i}]^T$ are the coordinates of the leg tips,

$$a = [a_1 \ a_2]^T, \quad \Theta = \begin{bmatrix} \cos \theta_{i1} & \cos(\theta_{i1} + \theta_{i2}) \\ \sin \theta_{i1} & \sin(\theta_{i1} + \theta_{i2}) \end{bmatrix}.$$

The constraint equations which define the contact between the leg tips and the ground (assuming that the leg tips do not slip) are given by

$$p_{B_i} = \Theta a + z_p, \quad i = 1, 2 \quad (2)$$

where $z_p = [x_p \ y_p]^T$ are the coordinates of the body center of mass in Fxy .

Using the Lagrange formulation, the dynamic equations of motion for each leg $i = 1, 2$ of a the walking robot are

$$M_i(q_i)\ddot{q}_i + N(q_i, \dot{q}_i) = \tau_i - A_i^T R_i, \quad i = 1, 2 \quad (3)$$

where

$q_i = [q_{i1}, q_{i2}]^T = [\theta_{i1}, \theta_{i2}]^T$ is 2×1 vector of the joint variables of leg i , ($i = 1, 2$);

$\tau_i = [\tau_{i1}, \tau_{i2}]^T$ is a 2×1 input joint torque vector, ($i = 1, 2$);

$R_i = [R_{ix}, R_{iy}]^T$, ($i = 1, 2$), is a 2×1 vector of the ground reactions at the leg tips, ($i = 1, 2$);

$$M_i(q_i) = \begin{bmatrix} \xi_{11} & \xi_{12} \\ \xi_{21} & \xi_{22} \end{bmatrix}$$

with

$$\xi_{11} = J_{c1} + J_{c2} + m_1 l_{c1}^2 + m_2 (a_1^2 + l_{c2}^2 + 2a_1 l_{c2} \cos q_{i2})$$

$$\xi_{12} = m_2 (l_{c2}^2 + a_1 l_{c2} \cos q_{i2})$$

$$\xi_{21} = \xi_{12}$$

$$\xi_{22} = m_2 l_{c2}^2 + J_{c2};$$

$$N_i(q_i, \dot{q}_i) = \begin{bmatrix} \zeta_{i1} \\ \zeta_{i2} \end{bmatrix}$$

with

$$\zeta_{i1} = (-m_2 a_1 l_{c2} \sin q_{i2}) \dot{q}_{i1} \dot{q}_{i2} - (m_2 a_1 l_{c2} \sin q_{i2}) (\dot{q}_{i1} + \dot{q}_{i2}) \dot{q}_{i2} + m_1 l_{c1} + m_2 l_1) g \cos q_{i1} + m_2 l_{c2} g \cos(q_{i1} + q_{i2})$$

$$\zeta_{i2} = (m_2 a_1 l_{c2} \sin q_{i2}) \dot{q}_{i1}^2 + m_2 l_{c2} \cos(q_{i1} + q_{i2});$$

$$A_i = \begin{bmatrix} -a_1 \sin \theta_{i1} - a_2 \sin(\theta_{i1} + \theta_{i2}) & -a_2 \sin(\theta_{i1} + \theta_{i2}) \\ -a_1 \cos \theta_{i1} - a_2 \cos(\theta_{i1} + \theta_{i2}) & a_2 \cos(\theta_{i1} + \theta_{i2}) \end{bmatrix};$$

m_1 , J_{c1} and m_2 , J_{c2} are the mass and rotational inertia of the link 1 and 2, respectively;

l_{c1} and l_{c2} are the distances from the joint axes to the link center of mass for link 1 and 2, respectively.

In this paper, the reference trajectory of the walking vehicle is defined as follows

$$\begin{aligned} x_{Pd}(t) &= v_{Pd} t; \\ y_{Pd}(t) &= d = cte \\ \varphi_{Pd}(t) &\equiv 0 \end{aligned} \quad (4)$$

where $v_{Pd} = cte$ is the desired speed of point P .

From (1) and (2) and using (4), we obtain (using inverse kinematic relations), the expressions for the desired joint angles θ_{1d} and θ_{2d} in terms of $x_{Pd}(t)$ and $y_{Pd}(t)$. The component of the reaction forces R_i are calculated using a simplified robot dynamic model (where the legs are mass-less) in the form

$$H\dot{z} + h = Q \quad (5)$$

where

$Q = [Q_x, Q_y, Q_\varphi]^T$ is a vector of the generalized forces applied to the vehicle body;

$z = [x_P, y_P, \varphi]^T$ are the position and orientation of the vehicle body with respect to Fxy ;

$$h = [0, mg, 0]^T;$$

$$H = \begin{bmatrix} m & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 \\ 0 & 0 & J \end{bmatrix}$$

m is the total mass of the walking vehicle;

J is the rotational inertia of the vehicle.

For the double support phase considered in this paper, choosing $R_{x1} = R_{x2} = R_x$ and $\Delta_{21} = x_{B2} - x_{B1}$, we have

$$\begin{bmatrix} R_x \\ R_{1y} \\ R_{2y} \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta_{21}} \begin{bmatrix} \frac{\Delta_{21}}{2} & 0 & 0 \\ y_{B1} & x_{B2} & -1 \\ -y_{B1} & -x_{B1} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_x \\ Q_y \\ Q_\varphi \end{bmatrix}. \quad (6)$$

If we consider a mass-less leg model, in this case, the torques applied to the joints are calculated using the following relations

$$\begin{bmatrix} \tau_{11} \\ \tau_{12} \\ \tau_{21} \\ \tau_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1^T & | & 0 \\ - & - & - \\ 0 & | & A_2^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{1x} \\ R_{1y} \\ R_{2x} \\ R_{2y} \end{bmatrix}. \quad (7)$$

In order to gain insight into the double and single support phases during the trot gait, we consider a modified kinematic model of the walking vehicle described above (eq. 1 and eq. 2). First, we define link parameters for the front and rear leg: (α_1, β_1) and (α_2, β_2) respectively, as follows

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \theta_{11} + \frac{\pi}{2} \\ \beta_1 &= \theta_{11} - \theta_{12} + \frac{\pi}{2} \\ \alpha_2 &= \theta_{21} + \frac{\pi}{2} \\ \beta_{21} &= \theta_{21} - \theta_{22} + \frac{\pi}{2} \end{aligned} \quad (8)$$

where the angles θ_{ij} ($i=1,2; j=1,2$) are given in Table 1 and Table 2. In terms of (α_1, β_1) and (α_2, β_2) , the constraint equations defining the contact between the leg tips and ground are given by

$$z_p + \Phi_i a = z_i, \quad i = 1, 2 \quad (9)$$

where z_p are the coordinate of the point P ; $z_i = [x_i \ y_i]^T$, $i = 1, 2$, are the coordinates of points B_1 and B_2 , respectively; a is defined in (1).

$$\Phi_i = \begin{bmatrix} \sin \alpha_i & \sin \beta_i \\ -\cos \alpha_i & -\cos \beta_i \end{bmatrix}.$$

Using (9), the kinematic model of the walking robot for a trot gait is given by

$$\dot{z}_p = J_i \eta_i + \dot{z}_i \quad (11)$$

where

$$J_i = \begin{bmatrix} -a_1 \cos \alpha_i & -a_2 \cos \beta_i \\ -a_1 \sin \alpha_i & -a_2 \sin \beta_i \end{bmatrix}$$

$\eta_i = [\dot{\alpha}_i, \dot{\beta}_i]^T$, $i = 1, 2$, are the control inputs for the system. We note that $\dot{z}_i = 0$ when the leg tips are on the ground. The reference trajectory of the walking robot is defined as in (4).

3. FEEDBACK TRACKING CONTROL

This Section presents dynamics-based and kinematics-based control law for a quadruped robot using virtual leg approach in a trot gait. The objective of walking robot controller is to move the machine along a desired trajectory according to the given gait in a stable manner. First, we give a description of the dynamics-based control scheme during the double support phase in trot gait considering that the legs of

the robot are mass-less. Given a reference trajectory (4), in the case, we propose a PID controller in the form

$$\begin{aligned} \dot{e} &= e \\ u &= -k_1 \dot{e} - k_0 e - k_i \varepsilon \end{aligned} \quad (12)$$

where $e = z - z_d$ and k_1 , k_0 , and k_i are positive definite diagonal matrices.

Using (12), an inversed dynamics-based control law is proposed in the form

$$Q = H(\ddot{z}_d + k_1 \dot{e} + k_0 e + k_i \varepsilon) + h \quad (13)$$

Then, by using (7), we determine the torques, which have to be applied to the joints.

The second controller proposed in this paper, is kinematics-based which controls the movement of the legs in double and single support phases. The objective is to maintain constant velocity and height of point P and to track a desired trajectory for the swing leg tip (point B_1 or B_2) in single support phase. The switch between the double and single support phases begins when the line connecting points P and B_i becomes perpendicular to the Fx axis (see Fig. 4).

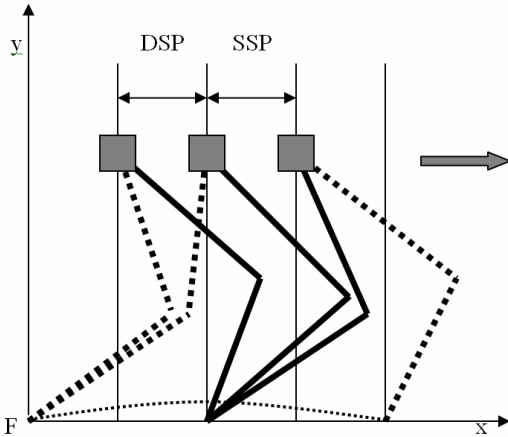


fig.4 Stick diagram for double (DSP) and single (SSP) support phases of the walking robot

For the double support phase, given the reference trajectory (4) and using (11), an inverse dynamics-based the control law is designed in the form

$$\eta_i = J_i^{-1}[\dot{z}_{Pd} + k(z_{Pd} - z_P)], \quad i = 1, 2 \quad (14)$$

which yields exponentially stable closed-loop system dynamics in the form (k is 2x2 positive definite diagonal matrix)

$$\dot{e}_{zp} + k e_{zp} = 0, \quad (15)$$

where $e_{zp} = z_{pd} - z_p$.

For the swing leg in the single support phase, the control law is given in the form

$$\eta_i = -J_i^{-1}[\dot{z}_{id} + k(z_{id} - z_i) - \dot{z}_p], \quad i = 1, 2; \quad (16)$$

where z_{id} is the reference trajectory of the swing leg tip and k is 2x2 positive definite diagonal matrix.

4. SIMULATION RESULTS

Simulation results using MATLAB software are performed to illustrate the effectiveness of the proposed controllers. In the first simulation, we simulate the straight motion of the robot using the dynamics-base controller (7)-(8) for a double support phase. Time plots of the error coordinates $e = z - z_d$ with initial conditions $e_0 = [0.05, 0, 0]^T$ and reference speed $v_{Pd} = 0.5 \text{ m/s}$ are depicted in Fig. 5. The robot parameters were chosen to be: mass of the robot 25 kg ; the length of the links: $a_{i1} = 0.15 \text{ m}$; $a_{i2} = 0.25 \text{ m}$, ($i = 1, 2$)

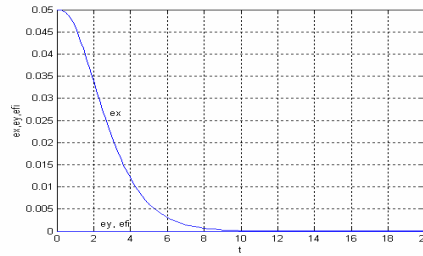


fig.5 Time plots of the error coordinates $e = z - z_d$

In the second simulation, we simulate the motion of the quadruped robot tracking a straight line given by (4) in trot gait. The reference velocity of point P was $v_{Pd} = 0,05 \text{ m/s}$. The desired height was $d = 0,75 \text{ m}$. The leg parameters were chosen to be: $a_1 = a_2 = 0.5 \text{ m}$. The initial error position of point P with respect to the reference trajectory was chosen to be: $e_x(0) = 0,05 \text{ m}$, $e_y(0) = 0,65 \text{ m}$. A segment of a circular path with radius $R = 0,9 \text{ m}$ was chosen for the rear leg tip,

(point B_2), during the single support phase. Simulation results for the double support phase are presented in Fig. 6, Fig. 7, and Fig. 8. Simulation results for the single support phase are shown in Fig. 9, Fig. 10, Fig.11 and Fig. 12.

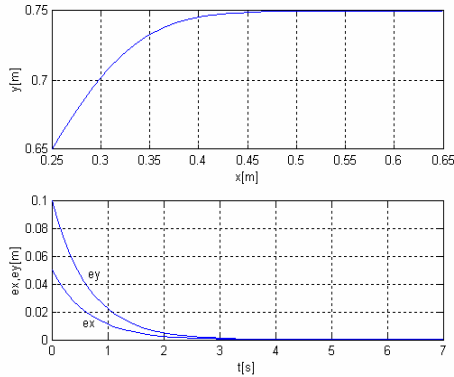


fig.6 The path in the x-y plane of the body reference point $P(x_p, y_p)$ and evolution of the error coordinates $e_x = x_{Pd} - x_p$ and $e_y = y_{Pd} - y_p$

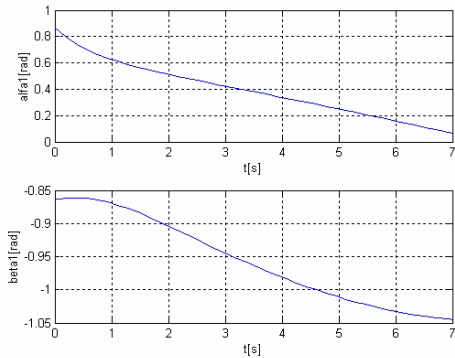


fig.7 Evolution of the angles α_1 and β_1 of the front leg during the double support phase

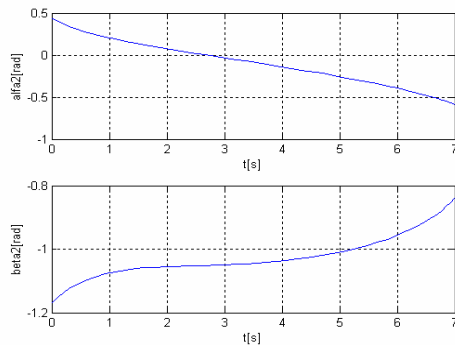


fig.8 Evolution of the angles α_2 and β_2 of the rear leg during the double support phase

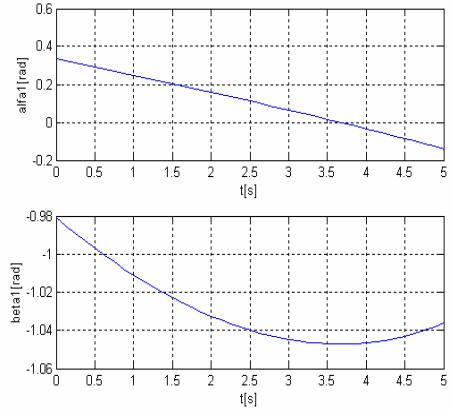


fig.9 Evolution of the angles α_1 and β_1 of the front leg during the single support phase

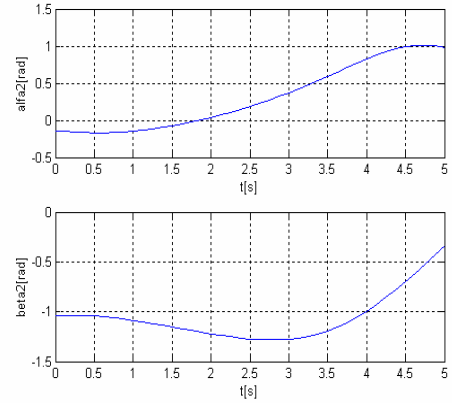


fig.10 Evolution of the angles α_2 and β_2 of the rear leg during the single support phase

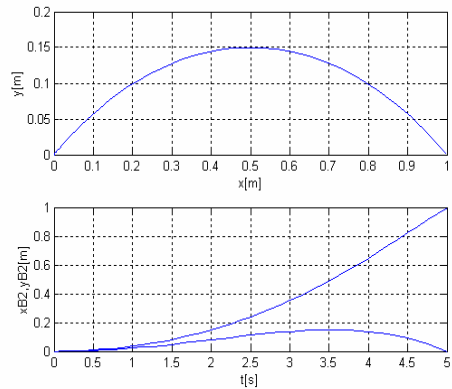


fig.11 The path in the x-y plane of point $B_2(x,y)$ of the rear leg during the single support phase and evolution of the coordinates x_{B_2} and y_{B_2}

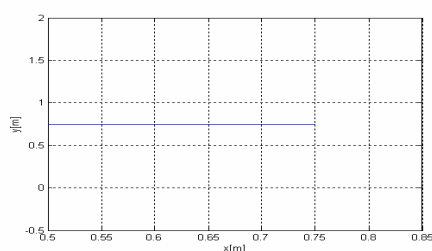


fig.12 The path in the x-y plane of point $P(x_p, y_p)$ during the single support phase

5. CONCLUSION

In this paper, we propose a mathematical model and two tracking controllers for a quadruped robot using virtual leg approach. The robot modeling is based on Lagrange formalism combined with the Denavit-Hartenberg notation for coordinate frame assignment. Two nonlinear inverse dynamics-based control schemes (dynamics-based combined with PID controller and kinematics-based controls) have been proposed for tracking a reference trajectory. Simulation results illustrate the effectiveness of the proposed controllers. Our future work will address the problems associated with the presence of uncertainty in the model of the robot.

Acknowledgements

This work is a part of the Project “University scientific and research complex for innovations and transfer of knowledge in the fields of micro/nano-technologies, energy effectiveness, and virtual engineering”, Contract DYNK-01/3 from 29/12/2009 with the National Ministry of Science and Education of Bulgaria.

References

1. **K. Mitobe, S. Kaneko, T. Oka, Y. Nasu, G. Capi**, Control of legged robots during the multi support phase based on the locally defined ZPM, in Proc. Int. Conf. Intelligent robots and systems, 2004, pp. 2253-2258.
2. **J. Lee, I. Kim, B. Jeon** Velocity workspace analysis for multi-legged walking robots, in Proc. Int. Conf. Advanced intelligent mechatronics, 2001, pp. 458-463.
3. **H. Qingjiu, K. Oka** Phased Compliance control with virtual force for six-legged walking robot, in Proc. Int. Conf. Innovative computing, information and control, 2007, pp.22-27.
4. **S. Galt, B. Luk** Evolutionary design and development techniques for an 8-leg robot, in Proc. Int. Conf. Genetic algorithms in engineering systems: Innovations and applications, 1997, pp. 259-263.
5. **J.Schmiedeler, K. Waldron**, The mechanics of quadrupedal galloping and the future of legged vehicles, Int. J. Rob. Research, Vol. 18, No. 12, 1990, pp. 1224-1234.
6. **M Berkemeier**, Modeling the dynamics of quadrupedal running, Int. J. Rob. Research, Vol. 17, No. 9, 1998, pp. 971-985.
7. **M. Raibert**, *Legged robots that balance*, Cambridge, MA, MIT Press, 1986.
8. **C. Chevallereau, A. Formal'sky, B. Perrin**, Control of walking robot with feet following a reference trajectory derived from ballistic motion, Proc. IEEE Int. Conf. Rob. and Automation, 1997, pp. 1094- 1099.
9. **R. Katoh, M Mori**, Control method of biped locomotion giving asymptotic stability trajectory. Automatica, Vol. 20(4), 1984, pp. 405-414.
10. **J. Bares, D. Wettergreen, Dante II**, Technical description, Results, and lesson learned, Int. J. Rob. Research, Vol. 18, No. 7, 1999, pp. 621-649.
11. **C. Ridderstrom, J. Ingvast**, Quadruped posture control based on simple force distribution – a notation and a trial, Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. Intelligent. Robots and Systems, 2001, pp. 2326-2331.
12. **H. Lehtinen**, *Force based motion control of a walking machine*, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, 1994.
13. **M. Guihard, P. Gorce, J. Fontaine, N. M'Sirdi**, A solution to control the dynamic behavior of a pneumatic quadruped robot, Proc. IEEE Int. Conf. Rob. and Automation, 1995, pp. 1000-1005.
14. **K. Arikawa, S. Hirose**, Development of quadruped walking robot TITAN VIII, Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. Intelligent. Robots and Systems, 1996, pp. 208-214.
15. **J. Denavit, R. Hartenberg**, A kinematic notation for lower pair mechanism based on matrices, J. Appl. Mechanism, Vol. 22, 1955, pp. 215-221.

ОБ ОДНОМ ИЗ ВОЗМОЖНЫХ СПОСОБОВ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ПОЗИЦИОННОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ОДНОКОВШОВЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ

Пётр ПОБЕГАЙЛО

ИМАШ им. Благоднарова А.А. Российская академия наук, Россия
e-mail: petrp214@yandex.ru

Резюме: В статье представлен один из возможных способов решения обратной позиционной задачи для рабочего оборудования одноковшовых гидравлических экскаваторов прямого и обратного копания. Решение задачи приведено в неформализованной форме. В качестве объекта демонстрации нашего подхода использована кинематическая схема рабочего оборудования одноковшового гидравлического экскаватора прямого копания с индивидуальным независимым приводом поворота стрелы, рукояти и ковша, известная так же как «базовая».

Ключевые слова: обратная позиционная задача, гидравлические экскаваторы, рабочее оборудование

В ходе решения различных задач проектирования одноковшовых гидравлических экскаваторов (ОГЭ) и их подсистем необходимо определять положения элементов его рабочего оборудования (РО) в пространстве относительно неподвижной системы координат – абсолютные положения звеньев.

Известны различные способы решения этой задачи. Однако для ОГЭ они по тем, или иным причинам неудобны (даже если они использованы нашими коллегами и предшественниками). Поэтому предлагаем свой подход к решению позиционной задачи.

В некоторых случаях проектирования РО ОГЭ, например, при оценке его нагруженности или при локальной оценке эффективности кинематической схемы РО, полезно иметь метод решения не только прямой [1 и др.], но и обратной позиционной задачи. Это связано со следующими соображениями [2 и др.].

Для всех известных на сегодня моделей ОГЭ прямого копания кинематическая высота и максимальная высота копания не совпадают. Последняя всегда меньше. Особенно разительно данные зоны отличаются при отработке обрушаемого забоя в режиме управляемого обрушения [3 и др.]. В этом случае процесс копания осуществляется машинистом преимущественно в нижней части забоя. В связи с этим, последовательный перебор сочетаний длин гидроцилиндров стрелы, рукояти и ковша (или углов $\alpha_i, \beta_j, \gamma_k$) для определения расчетных положений

РО, известный из работ [1, 4 – 18 и пр.], для ОГЭ не всегда удобен и обоснован. При таком подходе расчетные положения острия зуба ковша распределяются по всей рабочей зоне, в том числе, и вне зоны реального копания, в результате чего увеличивается количество расчетных положений, возрастает объем выходной информации и снижается качество расчетов, в силу возможного искажения результатов. Кроме того, хаотичное распределение расчетных положений зуба ковша внутри рабочей зоны затрудняет анализ взаимосвязи нагруженности экскаватора с параметрами забоя¹.

Один из возможных методов решения обратной позиционной задачи представлен в работах [2, 19, 20 и др.]. Он был предложен для трехзвенного и четырехзвенного РО мощных ОГЭ прямого копания. Нами же, ниже, предложен альтернативный подход, имеющий при сравнении с методом Крикуна А.В. как преимущества, так и недостатки. Проектировщик же может сам выбрать удобный ему метод, опираясь на собственные соображения и огромное число существующих идей и работ (в области робототехники), перечислять которые мы специально не будем.

Расчетная схема к решению рассматриваемой нами сейчас обратной позиционной задачи представлена на рисунке 1.

Заметим, что решение обратной позиционной задачи предполагает фиксацию в пространстве рабочей зоны положения острия зубьев ковша. В

¹ Нечто похожее имеет место и для обратных лопат.

свою очередь, фиксированное положение острия зубьев предполагает множество расчетных положений элементов РО.

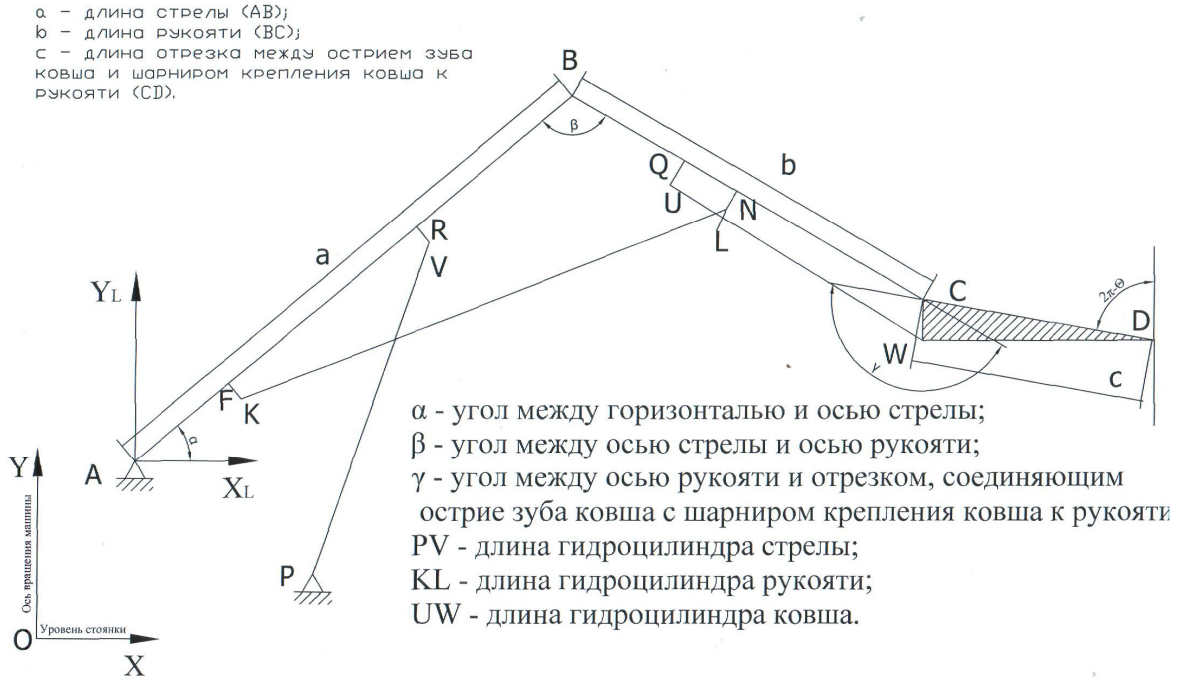


рис.1 Расчетная схема для решения обратной позиционной задачи, для прямой лопаты

Указанная неопределенность устраняется фиксацией одного из элементов РО посредством введения, помимо координат острия зубьев ковша, еще одного параметра. В качестве такого параметра рекомендуется [2 и др.] брать угол наклона зуба ковша, а точнее – его передней грани к горизонту. Выбор обусловлен необходимостью в информации по конкретному положению ковша при оценке нагруженности ОГЭ.

Однако, на наш взгляд, для стадии предпроектного анализа (ПА)², допустимо заменить угол наклона передней грани зуба ковша к горизонту на угол, определяющий положение кинематической длины ковша (отрезок CD) в пространстве -

θ (рис. 1), относительно вертикали проходящей через точку D. При этом, зная геометрические характеристики ковша, не сложно в дальнейшем (при необходимости) найти значение угла наклона передней грани зуба ковша к горизонту.

Напомним, что в качестве основной системы координат мы приняли правую прямоугольную декартовую с центром в точке пересечения оси вращения ОГЭ с уровнем его стоянки (рис. 1). Ось X направлена вправо, вдоль гусениц, в сторону РО (поворотная платформа не повернется), ось Y направлена вверх.

В качестве локальной системы координат примем правую прямоугольную декартовую с центром в пите стрелы (точка A, рис. 1). Ось X_L направлена вправо, в сторону РО, ось Y_L направлена вверх.

За счет выбора такой локальной системы координат мы один раз решаем позиционную задачу для единичного варианта РО. Ведь в рамках локальной системы координат при любом поло-

² Более подробно, о том, что мы понимаем под ПА, и о некоторых, связанных с этим, исследованиях, можно узнать из наших отдельных публикаций [21 – 34 и др.]. Общие подходы и взгляды на ПА организационных систем описаны, например, в монографии [35]. В работе [36] украинскими учеными использованы наши идеи [21, 24 – 27 и др.] по отношению к различным промышленным роботам.

жении поворотной платформы координаты всех точек РО будут одни и те же. Часть полученных при этом координат потом не сложно пересчитать из локальной в основную систему координат³.

При этом мы будем искать координаты шарниров РО (точки B, C), координаты крепления гидроцилиндров к элементам РО (точки $F, K, L, N, R, V, Q, U, W$), координаты центров тяжести элементов РО⁴, текущие длины гидроцилиндра (ГЦ) (длины PV_i, KL_j, QU_k) (рис. 1).

Параметрами варьирования в рассматриваемом случае выступают координаты острия зубьев ковша в границах рабочей зоны (точнее, её осевого профиля) – X_D, Y_D и угол θ , существующий в общем случае в диапазоне $2 \cdot \pi$ (рис. 1).

Последовательный перебор сочетаний различных возможных координат точки D (например, с помощью сетки, хотя бы и прямоугольного вида) и различных значений угла θ в каждой из этих точек даёт нам множество пространственных конфигураций РО, передаваемое к дальнейшему анализу.

Потребный для этого набор исходных данных (ИД) таков (получен нами ранее):

- кинематические длины элементов РО (a, b, c);
- координаты пяты стрелы (X_A, Y_A);
- координаты шарнира крепления гидроцилиндра стрелы к поворотной платформе (X_P, Y_P);
- некоторые геометрические параметры РО, как линейные, так и угловые $FK, AR, QB, BN, AF, RV, QU, LN$;

$\Delta\alpha, \Delta\beta, \Delta\gamma, \alpha_{\max}, \alpha_{\min}, \beta_{\max}, \beta_{\min}, \gamma_{\max}, \gamma_{\min}$;

- характеристики ГЦ

$\Delta PV, \Delta KL, \Delta UW, PV_{\max}, PV_{\min}, KL_{\max}, KL_{\min}, UW_{\max}, UW_{\min}$

К числу дополнительных ИД относятся (рис. 1):

- угол $\angle WCD$;
- длина отрезка CW .

Последовательность действий (при фиксированных параметрах варьирования, т.е. в одной

точке и при выбранном значении угла θ) в ходе применения нашей методики такова:

- определить координаты точки C – X_C, Y_C ;
- найти координаты точки B – X_B, Y_B или убедиться, что данное сочетание параметров варьирования не реализуемо;
- определить текущие значения углов $\alpha_i, \beta_j, \gamma_k$;
- проверить реализуемость полученной конфигурации⁵ РО (путём проверки попадания текущих значений углов $\alpha_i, \beta_j, \gamma_k$ в известные интервалы их существования, для данного единичного варианта РО);
- определить координаты всех характерных точек РО (пользуясь методом, описанным нами в работе [1], при решении прямой позиционной задачи).

Рассмотрим первый этап. Координаты точки C при заданных координатах точки D и известном значении угла θ найдем по (1) и (2).

На втором этапе мы определяем координаты точки (или точек) B . При этом, для конкретного сочетания параметров варьирования такая точка может и отсутствовать, т.е. данная конфигурация РО будет не реализуема.

Идея решения на этом этапе состоит в следующем.

Знание координат пяты стрелы и длины стрелы позволяют провести окружность с радиусом равным её кинематической длине и с центром в пяте (точка A). Знание координат шарнира рукоять – ковш и длины рукояти позволяют так же провести из точки C (указанный только что шарнир) окружность радиусом равным её кинематической длине. Если данная конфигурация РО реализуема, то эти указанные окружности пересекутся в двух точках, либо коснуться друг друга в одной. Именно эту (эти) точки мы называли выше точкой B и именно её (их) координаты мы хотим найти.

Для этого необходимо решить систему из двух уравнений второго порядка (3).

³ Это снижает, на наш взгляд, объем вычислений и делает их результаты проще для анализа и применения.

⁴ Мы условно приняли, что центры тяжести элементов РО лежат на середине их кинематических длин.

⁵ В данном случае может получиться и две конфигурации для одного фиксированного набора параметров варьирования.

$$X_C = \begin{cases} X_D, \theta = 0 \\ X_D + c \cdot \sin(\theta), 0 < \theta < \frac{\pi}{2} \\ X_D + c, \theta = \frac{\pi}{2} \\ X_D + c \cdot \cos\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right), \frac{\pi}{2} < \theta < \pi \\ X_D, \theta = \pi \\ X_D - c \cdot \sin(\theta - \pi), \pi < \theta < \frac{3 \cdot \pi}{2} \\ X_D - c, \theta = \frac{3 \cdot \pi}{2} \\ X_D - c \cdot \cos\left(\theta - \frac{3 \cdot \pi}{2}\right), \frac{3 \cdot \pi}{2} < \theta < 2 \cdot \pi \end{cases} \quad (1)$$

$$Y_C = \begin{cases} Y_D + c, \theta = 0 \\ Y_D - c \cdot \cos(\theta), 0 < \theta < \frac{\pi}{2} \\ Y_D, \theta = \frac{\pi}{2} \\ Y_D - c \cdot \sin\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right), \frac{\pi}{2} < \theta < \pi \\ Y_D - c, \theta = \pi \\ Y_D - c \cdot \cos(\theta - \pi), \pi < \theta < \frac{3 \cdot \pi}{2} \\ Y_D, \theta = \frac{3 \cdot \pi}{2} \\ Y_D + c \cdot \sin\left(\theta - \frac{3 \cdot \pi}{2}\right), \frac{3 \cdot \pi}{2} < \theta < 2 \cdot \pi \end{cases} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} (X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2 &= a^2 \\ (X_B - X_C)^2 + (Y_B - Y_C)^2 &= b^2 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Ход решения этой, и всех подобных систем, удобный для программирования, таков:

$$A_1 = X_A^2 + Y_A^2 - a^2 - X_C^2 - Y_C^2 + b^2 \quad (4)$$

$$A_2 = \frac{A_1}{2 \cdot (X_A - X_C)} \quad (5)$$

$$A_3 = \frac{(Y_A - Y_C)}{(X_A - X_C)} \quad (6)$$

$$A_4 = 1 + (A_3)^2 \quad (7)$$

$$A_5 = 2 \cdot [A_3 \cdot (X_A - A_2) - Y_A] \quad (8)$$

$$A_6 = (X_A - A_2)^2 - a^2 + Y_A^2 \quad (9)$$

$$A_7 = \sqrt{A_5^2 - 4 \cdot A_4 \cdot A_6} \quad (10)$$

$$y_{1(2)} = -\frac{A_5 \pm A_7}{2 \cdot A_4} \quad (11)$$

$$x_{1(2)} = A_2 + y_{1(2)} \cdot A_3 \quad (12)$$

Если корни уравнения (3) нам удастся найти⁶, то мы получаем некую (некие две) конфигурацию РО ОГЭ.

На третьем этапе необходимо убедиться, реализуема ли найденная конфигурация элементов РО для рассматриваемого единичного варианта РО. Для этого мы должны найти текущие значения углов $\alpha_i, \beta_j, \gamma_k$ и проверить, попадают ли они в интервалы своих допустимых значений. Для этого сначала выпишем следующие соотношения:

$$AC = \sqrt{(X_A - X_C)^2 + (Y_A - Y_C)^2} \quad (13)$$

$$\beta_j = \arccos\left(\frac{a^2 + b^2 - AC^2}{2 \cdot a \cdot b}\right) \quad (14)$$

$$\alpha_i = \arctg\left(\frac{Y_B}{X_B}\right) \quad (15)$$

$$\gamma_k = \arcsin\left(\frac{X_D - X_C}{c}\right) + \frac{3 \cdot \pi}{2} - \alpha_i - \beta_j \quad (16)$$

После этого следует выполнить необходимые проверки, которые выглядят так:

$$\alpha_{\min} \leq \alpha_i \leq \alpha_{\max} \quad (17)$$

$$\beta_{\min} \leq \beta_j \leq \beta_{\max} \quad (18)$$

$$\gamma_{\min} \leq \gamma_k \leq \gamma_{\max} \quad (19)$$

Только при выполнении всех трех указанных условий рассматриваемая пространственная конфигурация РО реализуема для конкретного единичного варианта РО. В противном случае текущее фиксированное сочетание параметров варьирования следует отбросить. Это позволяет для каждой точки рабочей зоны получить допустимый диапазон угла θ (найти границы, указывающие на возможное положение ковша в этой точке). Как показывают предварительные

⁶ Если положительных корней нет, то данная конфигурация РО не возможна в принципе.

вычисления, таких интервалов может быть больше одного для некоторых точек рабочей зоны.

На последнем этапе мы определяем координаты характерных точек РО. Для этого мы пользуемся формулами, приведенными ранее, при решении прямой позиционной задачи (исключив при этом те точки, чьи координаты мы уже нашли) [1]. Слегка утрируя, можно сказать, что обратная задача сведена нами к прямой задаче (или что прямая задача есть часть обратной задачи).

Минусом предложенного нами подхода является большой объем вычислений. Однако этот вопрос решается за счет применения ЭВМ и опыта проектировщика.

Плюсом предложенного нами подхода является его простота и универсальность⁷.

Литература

1. **Побегайло П.А.** Об одном из возможных способов решения прямой позиционной задачи для одноковшовых гидравлических экскаваторов // Българско списание за инженерно проектиране, бр. 9, септември 2011, с. 13-18.
2. **Крикун А.В.** Нагруженность рабочего оборудования карьерного гидравлического экскаватора прямого копания: Дисс. ... канд. техн. наук. М., 1991. 250 с.
3. **Штейнцайг Р.М.** Исследование взаимосвязи параметров забоев и карьерных гидравлических экскаваторов: Дисс. ... канд. техн. наук. М., 1980.
4. **Митрев Р.П.** Кинематическое моделирование шарнирно-рычажных механизмов горных и строительных машин // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. докладов IX Международной научно-технической конференции. Чтения памяти В.Р. Кубачека. Екатеринбург: УГГУ. 2011. с. 385 – 401.
5. **Mitrev R.** PSAB – a new tool for position and static force analysis of a backhoe excavating equipment // Българско списание за инженерно проектиране, бр. 1, декември 2008. pp. 36 – 45.
6. **Mitrev R.** Position and static force analysis of a backhoe excavating equipment // Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Budowa Maszyn i Zarządzanie Produkcją. 2008. № 8. pp. 1–8.
7. **Живейнов Н.Н., Карасев Г.Н., Павлов В.П.** Проектирование одноковшовых экскаваторов с применением ЭВМ и САПР. Красноярск: КГТУ, 1988. 184 с.
8. **Павлов В.П.** Расчет на ЭВЦМ рабочего оборудования гидравлических экскаваторов. Красноярск: КПИ, 1981. 43 с.
9. **Григорьев А.Г.** Автоматизация процесса подбора основных параметров базовой геометрии манипуляторного рабочего оборудования // Проблемы повышения технического уровня одноковшовых гидравлических экскаваторов: Науч. тр. № 110. / ВНИИСДМ. М., 1987. с. 80 – 85.
10. **Григорьев А.Г.** Автоматизация проектирования рабочего оборудования одноковшового гидравлического экскаватора: Дисс. ... канд. техн. наук. М., 1990. 191 с.
11. **РД 22-158-86.** Экскаваторы одноковшовые гидравлические. Рабочее оборудование. Расчет металлоконструкций на статическую прочность. М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1987. 133 с.
12. **Зарецкий Л.Б.** Статический и динамический анализ плоских механизмов // Машиностроение, 1979. № 2. с. 3 – 10.
13. **Зарецкий Л.Б.** Расчет положений и статический анализ плоских механизмов // Автоматизация расчетов строительных и дорожных машин: Науч. тр. № 75. / ВНИИСДМ. М., 1977. с. 30 – 39.
14. Расчет и проектирование строительных и дорожных машин на ЭВМ / Под ред. Е.Ю. Малиновского. М.: Машиностроение, 1980. 216 с.
15. **Павлов В.П.** Основы системотехники многоцелевых землеройных машин. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. 332 с.
16. **Щербаков И.С.** Система автоматизации и моделирования одноковшового экскаватора с гидроприводом: Дисс. ... канд. техн. наук. Омск, 2006. 179 с.
17. **Hall A.** Characterizing the operation of a large hydraulic excavator. Master Diss. School of Engineering the University of Queensland, Brisbane, Australia, 2002. p. 150.
18. **Hiller N.** Geometric algorithms for machine dynamics. PhD Diss. School of Engineering the University of Queensland, Brisbane, Australia, 2006. 200 p.
19. Отчет о НИР «Обоснование рациональных параметров и режимов нагружения гидропривода рабочего оборудования карьерного экскаватора ЭГ-15». М.: МИСИ, 1990. 146 с.
20. Отчет о НИР «Нагруженность элементов конструкции и гидропривода карьерного гидравлического экскаватора с оборудованием прямого копания». М.: МИСИ, 1990. 188 с.
21. **Побегайло П.А.** Выбор рациональных параметров рабочего оборудования мощных гидравлических экс-

⁷ С набором достаточно большого объема данных из вычислительного эксперимента по различным вариантам кинематических схем РО наш общий метод решения обратной позиционной задачи может приобрести некоторые черты частного метода, например по ограничениям на значения угла θ и т.п.

- каваторов прямого копания: Дисс. ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2008. 297 с.
22. **Побегайло П.А.** Построение логической схемы проектирования рабочего оборудования прямой гидравлической лопаты на стадии эскизного проектирования с применением CASE-технологий // «МИКМУС-пробмаш-2004»: Ежегодная XVI Международная Интернет-конференция молодых ученых и студентов по современным проблемам машиноведения. ИМАШ имени А.А. Благонравова. М., 2004. с. 66.
23. **Побегайло П.А.** Основы методики проектирования рабочего оборудования мощных гидравлических экскаваторов прямого копания // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. докладов IV Международной научно-технической конференции. Чтения памяти В.Р. Кубачека. Екатеринбург: УГГУ. 2006. с. 42 – 45.
24. **Побегайло П.А.** О новых подходах к оценке и сравнению вариантов рабочего оборудования мощных гидравлических экскаваторов // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. докладов V Международной научно-технической конференции. Чтения памяти В.Р. Кубачека. Екатеринбург: УГГУ. 2007. с. 172 – 177.
25. **Побегайло П.А.** О новых подходах к оценке и сравнению вариантов сложных технических систем // Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых по фундаментальным наукам «Ломоносов-2007». Секция Физика. Подсекция Математика и информатика. Сборник тезисов. / МГУ имени М.В. Ломоносова. М., 2007. с. 70 – 71.
26. **Побегайло П.А.** Способ оценки и сравнения вариантов сложных технических систем // «Машиностроение и техносфера XXI века»: XIV международная научно-техническая конференция. Том 3. / ДонНТУ. Севастополь. 2007. с. 182 – 183.
27. **Побегайло П.А.** Некоторые замечания о методологии проектирования сложных технических систем // «Машиностроение и техносфера XXI века»: XIV международная научно-техническая конференция. Том 3. / ДонНТУ. Севастополь. 2007. с. 183 – 186.
28. **Побегайло П.А.** О решении некоторых проблем при применении управления проектами и сетевого планирования и управления // Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых по фундаментальным наукам «Ломоносов-2008». Секция Физика. Подсекция Математическое моделирование и информатика. / МГУ имени М.В. Ломоносова. М., 2008. 2 с. http://www.lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2008/21_6.pdf
29. **Побегайло П.А.** Об аксиоматизации теории проектирования рабочего оборудования мощных гидравлических экскаваторов // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. докладов VI Международной научно-технической конференции. Чтения памяти В.Р. Кубачека. Екатеринбург: УГГУ. 2008. с. 238 – 242.
30. **Побегайло П.А.** Автоматизация проектирования и совершенствование расчетов некоторых сложных технических систем // Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых по фундаментальным наукам «Ломоносов-2009». Секция Физика. Подсекция Математики и информатики. / МГУ имени М.В. Ломоносова. М., 2009. 2 с. http://www.lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2009/23_5.pdf
31. **Побегайло П.А.** К вопросу о совершенствовании методологии создания профессионально ориентированного программного обеспечения // Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых по фундаментальным наукам «Ломоносов-2010». Секция Физика. Подсекция Математики и информатики. / МГУ имени М.В. Ломоносова. М., 2010. 2 с. http://www.lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2010/23-5.rar (файл: 8_54_960_6007.pdf)
32. **Побегайло П.А.** Разработка новых подходов к синтезу неформальной аксиоматической теории для конкретной, но произвольной предметной области. Постановка задачи // Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых по фундаментальным наукам «Ломоносов-2011». Секция Физика. Подсекция Математического моделирования. / МГУ имени М.В. Ломоносова. М., 2011. с.141 – 142. http://phys.msu.ru/rus/research/conferences/lom2011_v1.pdf
33. **Побегайло П.А.** О некоторых принципах разработки системы автоматизированного проектирования рабочего оборудования мощных одноковшовых гидравлических экскаваторов // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. докладов IX Международной научно-технической конференции. Чтения памяти В.Р. Кубачека. Екатеринбург: УГГУ. 2011. с. 114 – 120.
34. **Побегайло П.А.** О проектировании рабочего оборудования одноковшовых гидравлических экскаваторов // II международная научно-практическая конференция «Техгормет-21 век»: Материалы междунаучно-практической конф. / СПбГУ. Санкт-Петербург, 2011. 1 с. (в печати)
35. **Владиславлев П.Н., Юдицкий С.А.** Основы предпроектного анализа организационных систем. М.: Финансы и статистика, 2005. 144 с.
36. **Гутиря С.С., Карпов О.П., Ягліньський В.П.** Методологія підвищення технічного рівня промислових роботів і платформ // Луганськ: Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, № 6 (124), Ч. 1, 2008. с. 109 – 116.

A POSSIBLE APPROACH FOR SOLUTION OF THE INVERSE KINEMATIC TASK FOR HYDRAULIC EXCAVATORS

Petr POBEGAILO

Blagonravov Mechanical Engineering Research Institute of RAS, Russia

e-mail: petrp214@yandex.ru

Abstract: In article one of possible ways of the decision of a direct item problem for the working equipment of hydraulic excavators of direct and return digging is presented. The problem decision is resulted in the formalized form.

Keywords: direct item problem, hydraulic excavators, the working equipment

TESTS OF SOME MATERIALS USED IN THE CAGES' CONSTRUCTION

Traian BOLFA

Vehicles and Mechanical Engineering department, Transilvania University of Brasov, Romania
e-mail: t.bolfa@unitbv.ro

Abstract: The paper makes a comparative analyze between different types of stratitex used in the construction of bearings' cages, from the point of the elastic and strength constants as well as from the technologies used for the textolite tube fabrication.

Keywords: cages, high speeds, epoxidic resins.

1. INTRODUCTION

To fabricate bearing cages with proper features, thermostable resins are used, such as modified phenol formaldehyde resins, epoxidic resins and polymers belonging to the class of modified polyamides. All these plastic materials, beside the chemical modifying process of the rasin or of the initial polymer, must be rigidified with materials such as fabrics.

2. THEORETICAL AND EXPERIMENTAL ASPECT

The proprieties of the cages made of statitex are influenced by the raw materials, phenolic resin and the impregnation support, as well as its manufacturing technology.

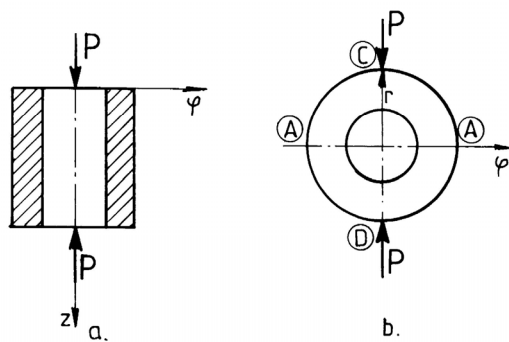


fig.1

The mechanical proprieties of the textolite are characterized by the elastic constants: E_z , E_φ , $\nu_{r\varphi}$, $G_{r\varphi}$ and also by constants specific to its strength (maximum voltage). Both types of constants (elastic and of strength) have been determined through

compression tests on two directions (fig.1). According to the structure of the textolite, the tubes are considered with cylindrical anisotropy, for which Hooke's equations are:

$$\begin{aligned} \varepsilon_r &= \frac{1}{E_r} \sigma_r - \frac{\nu_{\varphi r}}{E_\varphi} \sigma_\varphi - \frac{\nu_{zr}}{E_z} \sigma_z & \gamma_{\varphi z} &= \frac{1}{G_{\varphi z}} \tau_{\varphi z} \\ \varepsilon_\varphi &= -\frac{\nu_{r\varphi}}{E_r} \sigma_r + \frac{1}{E_\varphi} \sigma_\varphi - \frac{\nu_{z\varphi}}{E_z} \sigma_z & \gamma_{rz} &= \frac{1}{G_{rz}} \tau_{rz} \\ \varepsilon_z &= -\frac{\nu_{rz}}{E_r} \sigma_r - \frac{\nu_{\varphi z}}{E_\varphi} \sigma_\varphi + \frac{1}{E_z} \sigma_z & \gamma_{r\varphi} &= \frac{1}{G_{r\varphi}} \tau_{r\varphi} \end{aligned} \quad (1)$$

where $E_\varphi = E_r$; $\nu_{z\varphi} = \nu_{\varphi z}$; $G_{\varphi z} = G_{rz}$.

Measuring the transversal deformation ε_r , the contraction coefficient will be obtained:

$$\nu_{rz} = -\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_z} \quad (2)$$

where: $E_\varphi = E_r$; $\nu_{z\varphi} = \nu_{\varphi z}$; $G_{\varphi z} = G_{rz}$.

The relation to calculate the voltage from the stretched fibres is:

$$\sigma_i = \frac{N}{A} + \frac{M_i}{A \cdot e} \cdot \frac{y_1}{R_1} = \frac{P}{2A} + \frac{0,318PR}{A \cdot e} \cdot \frac{y_1}{R_1} \quad (3)$$

with $e = R_m - r \cong \frac{h^2}{12R_m}$; $y_1 = r - \frac{d}{2}$ and

$$r = \frac{R_m}{1 + \frac{h^2}{12R^2}}$$

Taking into account Hooke's Law, will be obtained:

$$E_\varphi = \frac{\sigma_i}{\varepsilon^*} \quad (4)$$

where ε^* can be measured with the help of

transducers placed on section A (fig.1).

At the same time, the diameter shortening on the direction CD can be measured and calculated with the relation :

$$v_{CD} = 0,149 \frac{P \cdot R_m^3}{E_\varphi \cdot I} \quad (5)$$

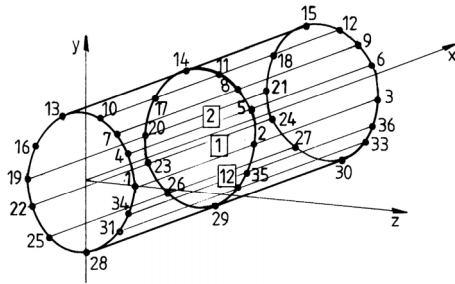


fig.2

The experimental outcomes used to establish the elastic constants have been used in order to determine the deformations and voltages (using the method of finite elements).

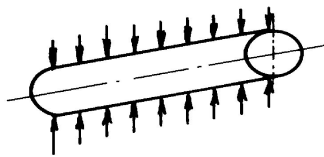


fig.3

The tubes have been divided into finite elements of the orthotropic plate type with the aim of inserting the dominant elastic constants determined experimentally (36 knots and elements).

In fig.3 is presented the loading way (knots 19-20-21 are fixed and the loading forces acts on knots 1-2-3).

The second loading way is presented in fig.4.

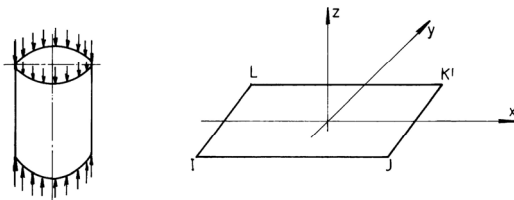


fig.4

In fig. 5 is presented the way the tube is deformed when testing the generators with forces focused on knots.

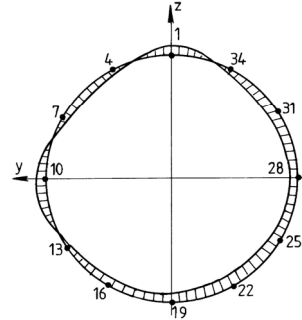


fig.5

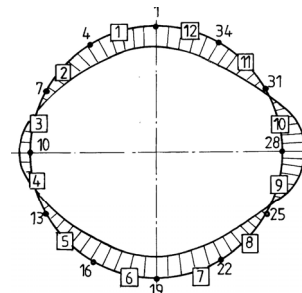


fig.6

In fig. 6 are presented the voltages on longitudinal direction of the tube (the numbers from the squares are the numbers of the elements of circumference plate-type , and the figures are the knots which separate the elements) for the load from fig.4. In fig. 7 is presented the way of displacement on the circumference of the points on the axes z and y. The displacement of the points from the generator of the tube is presented in fig.8.

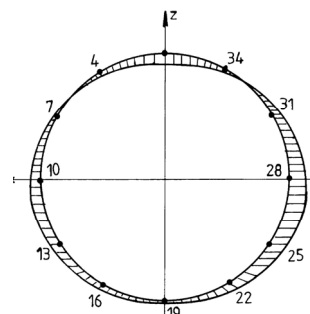


fig.7

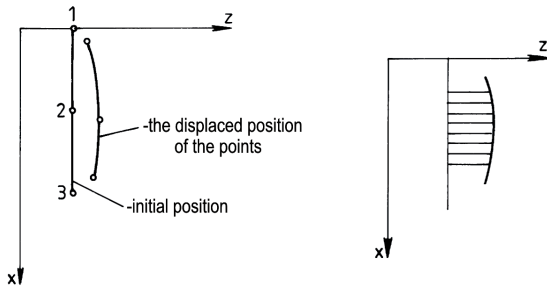


fig.8

3. THE STUDY OF THE MATERIALS USED TO MANUFACTURE STRATITEX TUBES

Comparative analyses have been made among diverse textolite imported and exported tests, resulting significant differences concerning both the elastic and strength constants and also the inner structure of diverse analysed tests, with negative effects on dimensional treatability and stability.

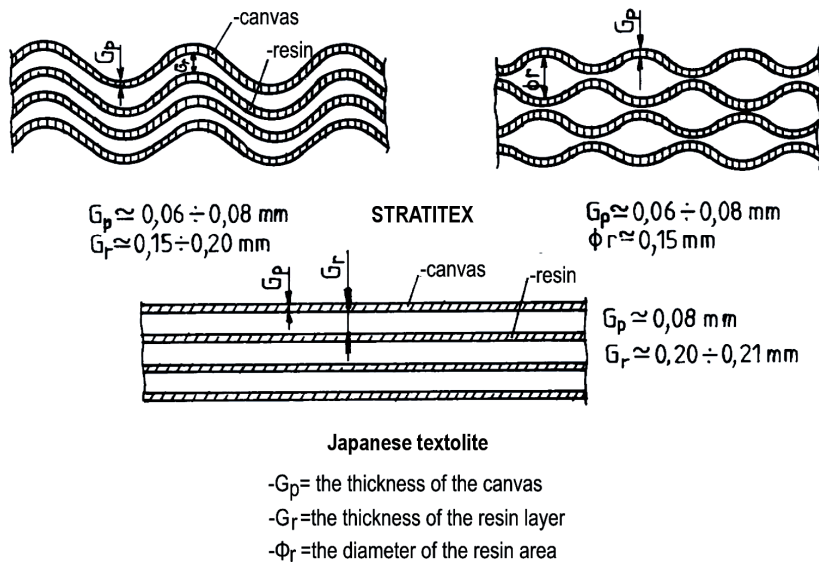


fig.9

In fig. 9 are presented, for two stratitex tests in transversal section through reflexion in polarized light, the layered structure in which the layers of fabric alternates with those of resin. As a consequence, for the stratitex rings, the canvas layers are curly, resulting two types of structures:

- the wavy structure, when the layers of canvas and resin are almost parallel
- the comb structure, when the canvas layers cross, separating the resin in almost circular areas (the number of layers of canvas-resin on 1mm ring thickness is of 5 and 6

4. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

For the Japanese textolite rings the elastic and

strength constants and also the inner structure are of superior quality. The canvas and resin layers are almost straight and parallel and the number of layers of canvas-resin on mm ring thickness is 4. The waving of the canvas' structure for ICME stratitex is due to the imperfection of the manufacturing technology of the tubes, without a forced roll of the canvas while hot pressing. Consequently, both the dimensional stability and also the mechanical proprieties are influenced negatively, which can be found in the treatability of the cages.

Based on the outcomes, a manufacturing technology of the textolite of high quality has been elaborated, to manufacture the cages of bearings working under special circumstances.

References

1. **Gafitanu M., Cretu S., Olaru D.** „Bearings vol.I,II,”
Ed. Tehnica, pages 46-100, 175-183, 275-280, Bucuresti,
Romania 1985.

2. **Bolfa T.**, PhD. Thesis, pages 55-60, 65-70, Iasi,
Romania, 1991.

3. **Mihai Daniela, Bolfa T.** „Scientific Research Contract,,
nr. 47/87, pages 1-20 CIROA Brasov, Romania.

МЕТОД „ОПИСАНИЯ” ЗА КОНЦЕПТУАЛНО ПРОЕКТИРАНЕ НА ТЕХНИЧЕСКИ ОБЕКТИ

Михаил ЛЕПАРОВ

катедра „Основи и технически средства за конструиране”, Технически университет - София, България
e-mail: mleparov@tu-sofia.bg

Резюме: В работата се предлага метод за концептуално проектиране на произволен технически обект. Методът се базира на различни видове описания на проектирания обект и техните трансформации. Той е представен чрез евристичен алгоритъм и е илюстриран чрез пример.

Ключови думи: проектиране, концептуално проектиране, технически обект

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Съществуват множество методи за проектиране на технически обекти (ТО) [1-5,9,10], всеки от които разглежда процеса на проектиране от своя гледна точка и притежава своите предимства и недостатъци. В [6] е обосновано

Твърдение

Методите, чрез които може да се проектира конкретен ТО съставят евристична безкрайност (броят им е голямо число)

Най- съществената част от процеса на проектиране е т.н. концептуално проектиране, при което се уточнява принципа на работа на изделието. Крайният резултат на това проектиране е опростени сборни чертежи (схематични изображения).

В настоящата работа се предлага един нов метод за реализиране на концептуалната фаза на процеса на проектиране, основната идея на който е преобразуване на един вид описание на проектирания обект в друг вид описание. Методът е получен чрез логичен анализ и синтез. Използуваната в изследването терминология е в съответствие с тази от [5].

2. ИЗЛОЖЕНИЕ

2.1. Видове описания

Основните видове описания на ТО [2,5] при отчитане на целите на настоящата точка са:

а) главна функция (ГФ)

$$ГФ = (Д, О), \quad (1)$$

където Д е действието, а О- обектът върху който е насочено действието;

б) черна кутия (ЧК)

$$ЧК = (Вх, Из), \quad (2)$$

където Вх е входящият поток, а Из- изходящият поток;

в) физически принцип на действие (ФПД)

$$ФПД = \langle Вх_i, ИЕ_i, Из_i \rangle, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

където ИЕ е инженерен ефект, <>- подредбата на ефектите, а n- броят на ИЕ;

г) съществени основни функции (ОФсъщ)

$$ОФсъщ = (\text{част } ГФ) \quad (4)$$

д) функционална структура (ФС)

$$ФС = \langle Вх_j, ОФ_j, Из_j \rangle, \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad (5)$$

където m е броят на съществените ОФ;

е) съществени съставни части (СЧас)

$$СЧас = (СЧас_i) \quad (6)$$

ж) описание на действие (ОД); то обикновено включва описание на ГФ, съществените ИЕ и съществените съставни части (СЧас), които реализират ТО

$$ОД = (ГФ, ИЕ, СЧас), \quad (7)$$

з) работна документация на СЕ (РД)

$$РД = (ЧС, ССЧ), \quad (8)$$

където ЧС е чертеж сборен, а ССЧ- списък на съставните части.

и) комбинации между видовете описания

ФПД и ФС имат сходно съдържание и еднакво представяне- символно. Разликата се състои във включването в ФПД на ЕИ, а във ФС- на ОФ, като най- важните ОФ следват и съответствуват на всеки ЕИ. По тази причина в следващите разглеждания ФС ще бъде изключена.

2.2. Трансформация на описанията

Един интересен проблем за изследване е преминаването от един вид зададено описание към друг вид незададено описание. С разреша-

ването на този проблем могат да се решат следните задачи:

- разкриване на нови елементи на описания обект, т.е. нова информация на обекта, а с това и разширяване на пътищата за неговото проектиране;
- разширяване на възможностите за промяна на съществуващ обект;
- разкриване от различни гледни точки на съдържанието на съществуващ обект;
- концептуално проектиране на обекта, което представлява преобразуване на един вид описание (начално) в опростен сборен чертеж, придружаван от ССЧ.

По-долу ще бъдат разгледани възможностите за преминаване от едно към друго описание, както и решаването на формулираните задачи. Видовете задачи, свързани с

табл.1 Класификация на видовете задачи с описания на ТО

Зададено	1. ГФ	2. ЧК	3. ФП Д	4. ОФ същ	5. СЧ ас	6. О Д	7. ЧС
1.ГФ	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7
2.ЧК	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7
3.ФП Д	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6	3-7
4.ОФ същ	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5	4-6	4-7
5.СЧас	5-1	5-2	5-3	5-4	5-5	5-6	5-7
6.ОД	6-1	6-2	6-3	6-4	6-5	6-6	6-7
7.ЧС	7-1	7-2	7-3	7-4	7-5	7-6	7-7

По диагонала (от горния ляв ъгъл надясно) на матрицата се намират задачи, съставени от една и съща цифра, напр.1-1,2-2 и т.н. Тези задачи трябва да се тълкуват така: да се получи вариант на зададеното описание, т.е преобразуване на себе си.

Информацията в по- горно ниво на описанията (стълб 1) е по- малко и по- обща в сравнение с тази на по- долното ниво. Затова при движение

отгоре надолу, т.е. при търсене на описание от по- долно ниво при зададено описание от по- горно ниво, липсва достатъчно информация и следва да се създават хипотези за липсващата част. При движение отдолу нагоре е обратното- информацията е в повече и по- лесно се съставя описание от по- високо ниво при зададено описание от по- ниско ниво.

По- долу ще бъдат разгледани някои задачи от табл.1. Практиката е показала, че ФПД е едно от най- стойностите описания, тъй като включва директно или индиректно почти всички останали описания. Поради тази причина на това описание ще бъде отделено най- голямо внимание.

2.2.1. По ФПД- ОФсъщ (зад. 3-4 от табл.1)

Алгоритъмът за тази трансформация е даден в [5].

2.2.2. По ФПД- СЧас (зад. 3-5)

Вж.т.3 от Алгоритъм 2 (т.2.2.4).

2.2.3. По ФПД- ОД (зад. 3-6)

Алгоритъм 1

1. По зададения ФПД се уточняват всички ИЕ.
2. Съставя се списък от подредени ИЕ, като се описват ИЕ, срещани при движение по ФПД отляво надясно.
3. За всеки ИЕ от списъка се определят входящите потоци и преобразованията с тях в ИЕ.
4. Определят се възможни наименования на съставните части като за тази се анализира всяка линия и затворена фигура от ФПД- по линията преминава съответния поток, а във фигурите се извършват преобразованията на потока.
5. Оформя се описание на действието на ТО, който включва последователно в разказна форма резултатите от т.3 и при необходимост се добавят възможни наименования на съставни части.

Пример

1,2. Нека е зададен ФПД на ТО „Клапан предпазен” (фиг.1). Инженерните ефекти са: $ИЕ_1$ - увеличаване на налягане, $ИЕ_2$ - преобразуване на флуидна енергия в механично движение (преместване) и - отваряне/ затваряне на отвор.

3. $ИЕ_1$ - увеличаване на налягането на флуид в затворено пространство;

ИЕ₂- повишеното налягане преодолява съпротивленията и част от флуидната енергия се преобразува в механично движение на подвижна част;

ИЕ₃- при своето преместване буталото отваря отвор в корпуса, през който флуидът изтича извън клапана;

4. Възможните наименования на основните съставни части са: тръбопровод (провеждане на флуидна енергия), корпус (ИЕ₁), бутало (заедно с корпуса съставят ИЕ₂). ИЕ₃ се реализира чрез отвор в корпуса, а провеждането на мех. енергия се извършва чрез буталото и корпуса.

От ФПД не е ясно как буталото се връща в изходно положение. Един вариант е чрез еластичен елемент (пружина), втори- от силата на тежест, трети- от други сили. Този проблем може да бъде решен като не се включи в ОД. С други думи ОД може да бъде съставено с различна степен на подробност.

Нека връщането да става чрез пружина.

5. При увеличаване на налягането на флуид в корпуса той преодолява съпротивленията и част от флуидната енергия се преобразува в механично движение на бутало; при своето преместване буталото отваря отвор в корпуса, през който флуидът изтича извън клапана; след спадане на налягането еластичен елемент (пружина) връща буталото в изходно положение.

2.2.4. По ФПД- получаване на ЧС (и ССЧ) (зад. 3-7)

Алгоритъм 2

1. Съставяне на ФПД на бъдещото изделие. За съставянето на ФПД вж. [5].

2. Основни функции:

2.1. По ФПД се определят основни функции. За съставянето на всички ОФ по зададен ФПД вж. [5].

3. Съставни части:

3.1. Съпоставяне на намерените в т.2 ОФсъщ на потоци и ИЕ от ФПД.

3.2. За всеки поток и инженерен ефект от ФПД:

Съставяне на списък от възможни наименования на съставната част, чрез която се реализира съответната основна функция (основните функ-

ции). Избор на едно от тях. Функцията и вида на потока (ИЕ) предопределя наименованието на съставната част, като в някои случаи са възможни и повече от едно наименования. В някои случаи наименованието зависи от приет начин на реализиране на ОФ (ИЕ), който начин не е единствен.

4. Сборен чертеж:

4.1. Започва се движение по ФПД от ляво на дясно. За всеки последователно срещнат поток или ИЕ:

4.1.1. По наименованието на съставната част и по ОФсъщ, в която тя участва се определя формата на съставната част.

4.1.2. Проверява се дали разглежданата съставна част не може да стане част от предходната съставна част.

4.2. Добавят се съставните части, които реализират останалите основни функции.

4.3. Проверка за сглобяемост на съставните части на получената СЕ. При необходимост се разделя някоя част на два съставни елемента, които се закрепват помежду си чрез подходящ скрепителен елемент.

4.4. Проверка на технологичност на получената СЕ. При необходимост се извършват необходими промени в детайлите или в цялата СЕ.

5. Списък на съставните части:

По сборния чертеж съставяне на ССЧ. При необходимост се извършват съответни доуточнявания в СЕ.

6. Модификации на СЕ:

6.1. Определят се съществени класификационни признаци на получената СЕ.

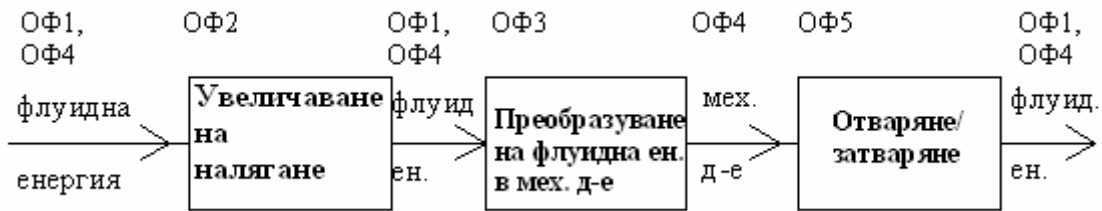
6.2. По всеки признак се търсят възможни решения.

6.3. Определят се перспективни комбинации за последващ анализ.

Заб. Въпросът с вариантите на пространствено-геометричното разположение (геометрично проектиране) на отделните съставни части не е обект на разглеждания алгоритъм.

Пример: Клапан предпазен

1. ФПД е представен на фиг.1 (ОФ не са съставна част на ФПД и са поставени допълнително).



фиг.1 ФПД на ТО „Клапан предпазен“

2. Основни функции:

ОФ₁- провеждане на флуидна енергия;

ОФ₂- съхраняване на флуид;

ОФ₃- преобразуване на флуидна енергия в механично движение;

ОФ₄- провеждане на механично движение (преместване);

ОФ₅- извеждане на флуид;

ОФ₆- връщане в изходно положение;

ОФ₇- уплътняване;

ОФ₈- регулиране;

ОФ₉- закрепване;

ОФ₁₀- защита;

3.1. Основните функции, които са свързани с ФПД, са разположени над съответните потоци и ИЕ (фиг.1).

3.2. Възможни наименования на съставните части са:

ОФ₁- СЧас: тръбопровод;

ОФ₂- СЧас: резервоар;

ОФ₃- СЧас: бутало;

ОФ₄- СЧас: ос;

ОФ₅- СЧас: втулка с отвор („отвор“);

ОФ₆- СЧас: „връщач“ (пружина);

ОФ₇- СЧас: уплътнител;

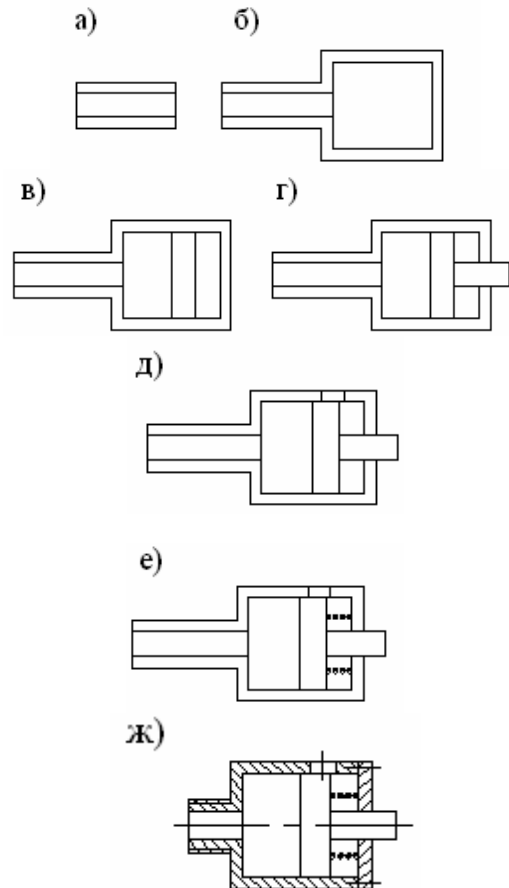
ОФ₈- СЧас: гайка;

ОФ₉- СЧас: скрепителни детайли;

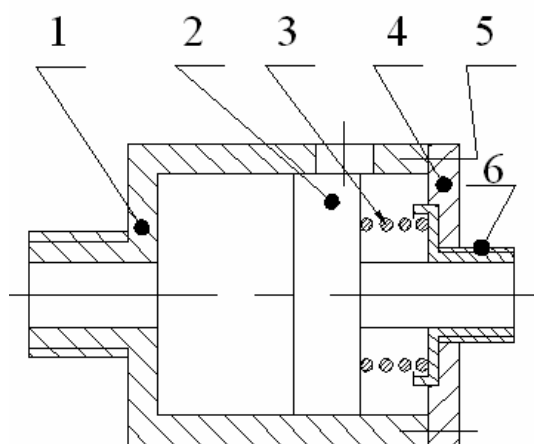
ОФ₁₀- СЧас: корпус (капак);

4. За осигуряване движението на флуида е необходим тръбопровод (фиг.2а), а резервоарът за съхраняване на флуида е показан на фиг.2б; резервоарът и тръбопроводът могат да образуват обща съставна част; буталото за преобразуване на флуидната енергия в механично движение е представено на фиг.2в; оста на буталото е дадена на фиг.2г; извеждането на флуида се извършва през отвор в резервоара (фиг.2д); пружината, която връща буталото в изходно положение е изобразена на фиг.2е; бу-

талото не може да се сглоби, поради което резервоарът се разрязва на две части, закрепени помежду си чрез скрепителни детайли (фиг.2ж); уплътнителите трябва да има по цилиндричната повърхнина на буталото, както и между капак и резервоара; гайката за регулиране на пружината е показана на фиг.3, която представлява опростен сборен чертеж на клапана.



фиг.2 Етапи на получаване на клапана



фиг.3 Сборен чертеж на клапана (главна проекция)

5. ССЧ: 1- корпус, 2- бутало, 3- пружина, 4- капак, 5- винт, 6- гайка.
6. За търсене на модификации на ТО вж. [5].

2.2.5. По ФПД- ГФ (зад. 3-1)

Алгоритъм 3

1. Определя се операнда на ТО: Вх- операнд и Из- операнд.

Под операнд се разбира обектът, който се преобразува в ТО; предназначението на ТО е именно преобразуването на разглеждания операнд; входът- операнд (Вх- операнд) е входящия в ТО за преработване операнд, а Из- операнд- изходящия в резултата на преработването операнд.

2. Определяне на ГФ на ТО:

2.1. Ако Вх- операнд \neq Из- операнд, то ГФ се определя като:

“ГФ: получаване на ..(Из- операнд)”.

2.2. Ако Вх- операнд = Из- операнд, то ГФ се определя като:

“ГФ: преобразуване на свойства на ..(Вх- операнд)”.

Пример

Някои примери са дадени в табл.2.

табл.2 Примери за определяне на ГФ на някои ТО

Вх- операнд	Из- операнд	ГФ	(ТО)
Електрическа E^*	Светлинна E	Получаване на светлинна енергия	(ел.фенерче)
Механична E	Механична E	Преобразуване на свойства на механична E	(мех. редуктор)
Кафе (на зърна)	Кафе (на прах)	Преобразуване на свойства на кафе	(кафемелачка)
Праха (много)	Праха (малко)	Преобразуване на свойства на прах	(прахосмукачка)
Дрехи (мръсни)	Дрехи (чисти)	Преобразуване на свойства на дрехи	(пералня)
Ел. E	Ел. E	Преобразуване на свойства на ел. E	(трансформатор)
Ел. E	Ел. E	Преобразуване на свойства на ел. E (наличие- 1, липса-0)	(прекъсвач)
Ел. E	Ел. E	Преобразуване на свойства на ел. E (на-трупване)	(кондензатор)
Ел. E	Топлинна E	Получаване на топлинна енергия	(ел.печка)
Гориво	Гориво	Преобразуване на свойства на гориво (съхранение, извеждане)	(резервоар)
Кафе (на прах)	Кафе (течност)	Преобразуване на свойства на кафе	(кафеварка)

Заб. С E^* е означено “енергия”

2.2.6. По ФПД- ЧК (зад. 3-2)

Черната кутия включва Вх и Из, а те са изобразени във ФПД, поради което няма проблем за този вид преобразуване.

2.2.7. По ОФ_i- ГФ (зад. 4-1)

Алгоритъм 4

1. Анализ на основните функции:

1.1. Определяне на всички потоци. За тази цел се анализират ОФ_i тип “провеждане на...”-това, което се провежда представлява вид поток.

1.2. Уточняване на OF_i тип “провеждане на...”, “съхранение на...” и придружаващите OF_i .

Придружаващите OF_i са спомагателни основни функции, които придружават основна функция от вида “преобразуване на...(поток)” или “провеждане на...(поток)”, т.е. те придружават поток.

Придружаващите функции за някои от потоците могат да бъдат:

(мех. поток) намаляване на триене, регулиране, връщане в изходно положение, охлаждане и др.;

(ел. поток) ел. изолация;

(флуиден поток) уплътняване.

Придружаващи ГФ са често срещаните ОФ “защита” и “закрепване”.

2. Съставяне на списък на останалите извън т.1.2 OF_i . Това са съществените основни функции.

3. Анализ на OF_i от т.2:

3.1. Всяка функция от т.2 се обявява като хипотеза за ГФ на ТО.

3.2. Всяка хипотеза за ГФ се анализира от гл.т. на необходимостта (възможността) за участие на всички останали OF_i при нейното реализиране. Невключването на OF_i е основание за отпадане на претендента за ГФ.

Пример

Нека зададените OF_i са:

- OF_1 : провеждане на ел. енергия;

- OF_2 : провеждане на топлинна енергия;

- OF_3 : провеждане на вода;

- OF_4 : провеждане на кипяща вода и пара;

- OF_5 : провеждане на насипно кафе;

- OF_6 : провеждане на течено кафе;

- OF_7 : съхранение на вода;

- OF_8 : съхранение на насипно кафе;

- OF_9 : преобразуване на ел. енергия в топлинна енергия;

- OF_{10} : нагриване;

- OF_{11} : екстракция;

- OF_{12} : ел. изолация;

- OF_{13} : уплътнение;

- OF_{14} : защита

- OF_{15} : закрепване

1.1. От OF_1 - OF_6 следва, че потоците са: ел. енергия, топлинна енергия, вода, кипяща вода и пара, кафе насипно, кафе течено.

1.2. Функциите тип “провеждане на...” са OF_1 - OF_6 и тип “съхранение на...” са OF_7 и OF_8 . Придружаващите функции са: OF_{12} - OF_{15} .

2. Останалите основни функции са: OF_9 - OF_{11} .

3.1. От OF_i от т.2 могат да се изведат хипотези за ГФ, а именно:

- ГФ₁: (OF_9) получаване на топлина;

- ГФ₂: (OF_{10}) получаване на гореща вода и пара (нагриване);

- ГФ₃: (OF_{11}) получаване на кафе (екстракция);

При първата ГФ става дума за нагревател, във втората- за изпарител на вода, в третата- кафеполучател.

3.2. Анализ на всяка от хипотезите:

(ГФ₁) ако целта на ТО е получаване на топлина, остава неясно предназначението на основните функции (които трябва да осигуряват главната функция)- получаване на гореща вода и пара и екстракция; следователно тази хипотеза отпада;

(ГФ₂) по същата причина отпада и тази хипотеза- остава излишна OF_{11} ;

(ГФ₃) екстракцията води до получаване на течено кафе; тъй като всички ОФ имат място при тази хипотеза, следва че:

ГФ е: получаване на течено кафе

2.2.8. По OF_i . ФПД (зад. 4-3)

Алгоритъм 5

Т.т.1-3 от Алгоритъм 4

4. Построяване на ФПД:

4.1. OF_i , чрез която се получи ГФ (т.3) се явява последната част на ФПД. Тази ОФ се поставя в правоъгълник (ИЕ), към който се добавя изходящия поток (Из) и при възможност и входящия поток (Вх). ФПД започва да се построява отзад напред, като се анализира логичното разположение на съществените OF_i от т.2, т.е. в правоъгълници и с линии на връзка между тях се разполагат тези OF_i .

4.2. Премахва се към OF_i тип “съхранение на...”. Поставя се всяка такава функция в триъгълна рамка над съответен правоъгълник, като се изхожда от логическа гледна точка и се свързва триъгълникът със съответния правоъгълник.

4.3. Следват $ОФ_i$ тип “превеждане на...”. Проверява се къде е мястото (във вид на линия) на всяка от тези функции. При необходимост се извършват необходими промени във построената до този момент част от ФПД.

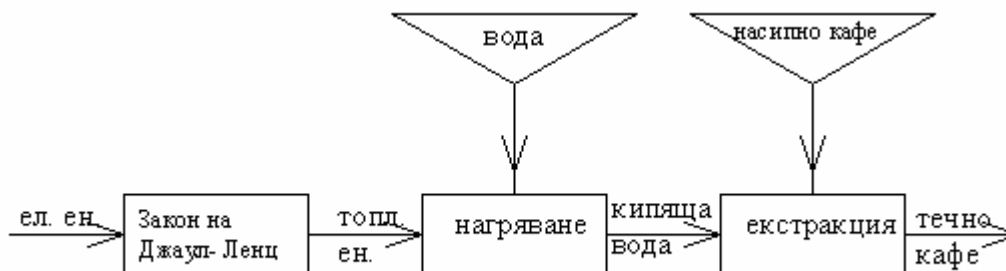
4.4. Проверка за участието на всички $ОФ_i$ (без придружаващите функции, които не се отразяват

в ФПД) във ФПД. При неучастие на някоя от тях се извършва логическа промяна на ФПД.

Пример

Нека са зададени ОФ от т.2.2.7.

ФПД на ТО, получен по алгоритъма по-горе е даден на фиг.4.



фиг.4 ФПД на ТО „Кафеварка”

2.2.9. По СЧас- ОФсъщ (зад. 5-4)

Алгоритъм 6

1. Анализ:

1.1. Всяка съставна част се анализира с цел уточняване на нейното предназначение. Създават се хипотеза (хипотези) за предназначението. За тази цел:

- определят се функциите на тези съставни части, за които наименованието като правило е свързано с тяхната функция, *напр. скрепителни и др. стандартизирани съставни части (винтове, гайки, лагерни и др.), оси, валове, гърбици, луци, бобини, бутала, клапани и т.н.*; тук спадат и някои традиционни наименования, като *корпус* (обикновено най- масивната част, за която се закрепват отвътре или отвън други съставни части и която често защитава ТО от взаимното влияние на ТО и околната техническа среда), *капак* (обикновено закрива корпуса или друга съставна част и улеснява сглобяването и разглобяването на ТО) и др.

- представянето на наименованието на останалите съставни части като глагол (ако е възможно) и евентуално уточняване на тяхното предназначение;

1.2. Проверява се дали от наименованието на съставна част не се подразбира потокът (потоците), който преминава през или се преобразува в нея. Информация за потоците позволява да се

определят ОФ за преминаване на потока и евентуално ОФ за неговото преобразуване от един вид (характеристика) в друг вид (характеристика).

2. Синтез:

2.1. Уточняване на основните функции по анализа от т.1.

Проверява се дали останат някои неуточнени ОФ, което се установява чрез съпоставяне на всяка съставна част и определените ОФ. Неучастие на някоя СЧас в ОФ показва, че има още неразкрити ОФ. При наличие на неразкрити функции се преминава към следваща итерационна базата на получената информация се прави отново анализ (т.1) и синтез (т.2). При липса на достатъчно информация чрез логически разсъждения се формират работни хипотези за останалите ОФ.

Пример

Нека са зададени ССЧ на ТО „Лампа индикаторна”:[7] СЧас: 1- капак (1 бр.), 2- разсейвател (1 бр.), 3- пружина (2 бр.), 4- корпус (1 бр.), 5- скоба (1 бр.), 6- контакт (4 бр.), 7- лампа (2 бр.); капакът 1 и разсейвателят са изработени от прозрачен бустрен, а корпусът 4- от фенопласт; скобата 5 е изработена от стоманен лист и е кадмирана; контактите 6 са цапцовани от месингови листове, а пружината 3 е от легирана стомана.

1,2. Хипотези:

ОФ₁- преобразуване на ел. енергия в светлинна енергия (лампа 7); Изводи: налице е ел. поток и светлинен поток; тези потоци изискват своето провеждане- ОФ₂ и ОФ₃;

ОФ₂- провеждане на ел. енергия (контакти б);

ОФ₃- провеждане на светлинна енергия; разсейвателят (глагол: разсейвам) вероятно служи за разсейване на светлината, което означава, че той освен разсейване и провежда светлината; по тази причина тази функция може да бъде наречена и „разсейване” (разсейвател 2);

ОФ₄- защита; тази функция фигурира в почти всички ТО и тя се поема от корпуса или от корпуса и капака, защото осигурява защитата на ТО от вредното въздействие на околната среда, както и защита на околната среда от вредното въздействие на ТО (капак 1, корпус 4);

ОФ₅- закрепване; вероятно скобата, която е стоманена, служи за закрепване на част от детайлите помежду; всеки 2 или 3 или 4 или всички съставни части могат да се закрепят чрез притискаща ги скоба, напр. контактите или лампите, или и лампите и контактите и т.н.

ОФ₆- ел. изолация; ел. поток изисква придружаваща го функция ел. изолация; липсата на специален детайл за това означава, че някои от другите детайли изпълнява тази функция;

*ОФ₇- остава неясна функцията на пружините; по принцип пружините създават еластична сила; тяхното предназначение би могло да бъде да осигури несамоволното разглобяване на СЕ, т.е. **закрепване**; биха могли да бъдат разположени между скобата и някоя от останалите свързани части; наличието на 2 бр. пружини говори за вероятно за някаква симетричност в разположението, което не е задължително.*

2.2.10. По ОД- ОФ (зад. 6-4)

Описанието на действието включва съществените моменти от работата на изделието и обикновено се включват и важните съставни части.

Алгоритъм 7

1. По описанието се определят всички важни глаголи и отглаголни съществителни, които съдържат информация за принципа на действие на

ТО, като заедно с тях се посочват: кой извършва действието, върху кого е насочено действието и условия за неговото извършване (ако са посочени в ОД).

2. По всеки важен глагол или отглаголно съществително:

2.1. Съставя се основна функция.

2.2. Чрез анализ на описанието от т.1 се уточняват съставните части, чрез които се реализира действието на глагола.

3. Уточняват се участващите в основните функции потоци.

4. Анализира се възможността за участие на функции, които не са отразени в ОД, напр. придружаващи потоците функции, често срещани общи за ТО функции като защита, закрепване и др.

Пример

ОД: [8] „Клапан предпазен”: “Клапанът служи за изпускане на пара в атмосферата при превишаване на налягането ѝ над допустимото. Затворът 2 се притиска към седлото 3 от пружината 4, натискът на която се регулира с винта 9. При превишаване на налягането парата повдига затвора, като преодолява силата на пружината.”

1. Глаголи и отглаголни съществителни: изпускане (на пара при превишаване на налягането ѝ), притиска (затворът към седлото), регулира (на пружината от винта), повдига (при повишаване на налягането затворът се повдига от парата, като се преодолява пружината).

2.

- **изпускане на пара** (“изпускане на пара в атмосферата”); парата повдига затвора и излиза в атмосферата, което означава, че при повишаване на налягането се създава отвор между затвора и друг неподвижен детайл- седлото 3 (дет. затвор 2, затвор 3);

ОФ₂- **регулиране на натиск** (“натискът на която се регулира с винта 9”); (дет. винт 9);

ОФ₃- **преобразуване на енергия на флуида (парата) в механично движение** (“при повишаване на налягането парата повдига затвора”); за да се повдигне затвора, който ако се съди от наименованието му играя ролята на подвижна запушалка (бутало), парата трябва да се събира в някакво затворено пространство, което образува неизвестен детайл, напр. корпус;

затворът се води в него или в някакъв друг детайл (дет. затвор 2, неизвестен неподвижен детайл, напр. корпус);

ОФ₄- затворът се очаква, че се ще върне при намаляване на налягането, което означава, че е налице функция за **връщане в изходно положение**; пружината 4 е подходяща за тази дейност (дет. пружина 4);

3. Потоци: флуид (пара), механично енергия (движение).

4. Останалите детайли са неясни; наличието на флуид предполага защита на изделието, както и уплътняване. Често в СЕ има скрепителни детайли, които изпълняват функцията „закрепване“.

ОФ₅- **защита** (корпус, капак);

ОФ₆- **уплътняване** (уплътнител).

ОФ₇- **закрепване** (скрепителни детайли).

Заб. Анализът е направен последователно по описанието, дадено по-горе. Логичното подреждане на основните функции е: ОФ₃, ОФ₁, ОФ₄, ОФ₂, ОФ₅, ОФ₆, ОФ₇.

2.2.11. По ОД- ЧС (зад. 6-7)

Алгоритъм 8

1. Анализ на всички съществителни думи в ОД с цел уточняване на съставните части.

2. Определяне на функциите на всяка съставна част.

3. Определяне на връзките между съставните части. За тази цел се анализират глаголите в текста, които са свързани с действието на всяка съставна част.

Заб. При невъзможност за строго определяне на дейностите от т.т. 1-3 могат да бъдат изказвани хипотези за тях.

4. Съставяне на ЧС чрез използване на информацията от предходните точки на алгоритъма. За тази цел:

4.1. Приемат се прости форми на съставните части в съответствие с изпълняваните функции.

4.2. Реализират се връзките между съставните части.

4.3. Оформя се сглобената единица от гл.т. на сглобяване и разглобяване.

4.4. Търсят се варианти на т.4.1-4.3.

Пример

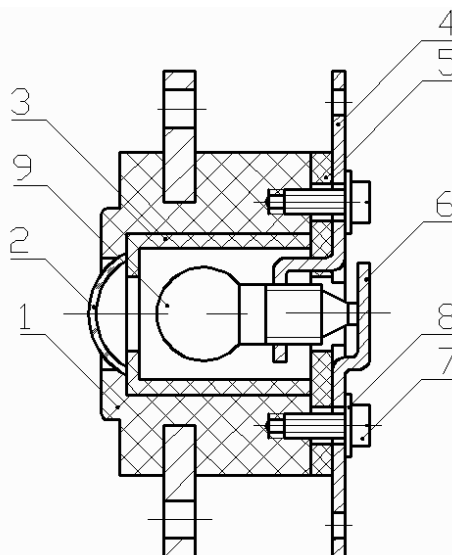
Нека изходното ОД е „Лампата е предназначена за светлинен сигнал и се използва в пул-

товете за управление на радиоелектронна апаратура. Лампата 7 се монтира в гнездото на корпуса 4. При включване на електрическата верига през контактите 6 лампата светва. Лампата се закрепва към панела на пулта за управление посредством скобата 5. Капакът и разсейвателят са изработени от прозрачен бустрен, а корпусът 4- от фенoplast. ”

1,2. Съставни части и техни функции: лампа (функция: светлинен сигнал), корпус (закрепване, вероятно изолация), контакти (захранване на лампата, вероятно 2 бр.), скоба (закрепване към пулт на лампата); капак (вероятно затваря вътрешно празно пространство), разсейвател (вероятно разсейва светлината).

3. Връзки между съставните части: лампа-корпус; лампа- контактна пластина 1; лампа-контактна пластина 2; скоба- панел (околна техническа среда); скоба- вероятно корпус; разсейвател- вероятно капак или корпус; капак-вероятно корпус.

4. Един възможен вариант на СЕ е даден на фиг.5. Съставните части са: 1- корпус, 2- разсейвател, 3-чаша, 4- пластина контактна 1, 5- опора, 6- пластина контактна 2, 7- винт, 8- шайба, 9- лампа. При конструктивното оформление на ТО капакът от т.1 е заменен с чаша.



фиг.5 ТО „Лампа индикаторна”

2.2.12. По ЧС- ФПД (зад. 7-3)

Този случай е разгледан в [5].

2.2.13. Други задачи

По-голямата част от останалите задачи от табл.1 могат да се решат индиректно като се преминава през разгледаните по-горе задачи. В таблица 3 са показани някои възможности за такъв тип решение, като задачите са от редове 4-7 от табл.1. Както бе отбелязано по-горе задачите от редове 1 и 2 са характерни с малко зададена информация, поради което те не се разглеждат.

табл.3 Решения на част от задачите от табл.1

Задача	Решение	Задача	Решение
4-2	4-3;3-2	6-1	6-4;4-3;3-1
4-5	4-3;3-5	6-2	6-4;4-3;3-2
4-6	4-3;3-6	6-3	6-4;4-3
4-7	4-3;3-7	6-5	6-4;4-3;3-5
5-1	5-4;4-3;3-1	7-1	7-3;3-1
5-2	5-4;4-3;3-2	7-2	7-3;3-2
5-3	5-4;4-3	7-4	7-3;3-4
5-6	5-4;4-3;3-6	7-5	7-3;3-5
5-7	5-4;4-3;3-7	7-6	7-3;3-6

За отбелязване е, че преобразуване на описания може да се извършва и при зададени повече от едно описания, както и при търсени на повече от едно описания.

2.3. Общ алгоритъм

Използването на трансформациите на различните видове описания може да се извършва по следния

Общ алгоритъм

1. Изпълнение на началните етапи от процеса на проектиране [5]- дефиниране на проблема, определяне на възможните задачи, преформулиране на задачите, определяне на ГФ и изходящия поток, избор на възможен начин за решаване на проблема; възможен начин е и избор на аналог.

2. Уточняване на информацията относно проектирания ТО, с която се разполага.

3. По информацията от т.2 се определя кой вид описание на ТО е налице. За видовете описания вж. табл.1, стълб 1.

4. Ако по наличната информация нито едно описание не може да се състави, се продължава работата по логическо допълване на това описа-

нието докато се стигне до някое от описанията ФПД, ОФсъщ, ОД, СЧас. Критерият за избор на описание е „най- лесно доизясняване”.

5. Ако описанието не е от вида ФПД или ОД се преминава към. т.5.1, в противен случай се продължава с т.5.2.

5.1. Описанието се преобразува до вида ФПД или ОД. За целта се използват подходящи алгоритми от тези, изложени в настоящото изследване.

5.2. По алгоритъм 2 (т.2.2.4) или алгоритъм 8 (т.2.2.11) се търси опростен ЧС на проектираното изделие.

Резултатите от изследването могат да се използват за решаването на следните задачи:

- концептуално проектиране на ТО при зададени различни негови описания (Общ алгоритъм);

- редизайн на ТО, т.е. за търсене на модификация на съществуващ ТО;

Алгоритъм 9 (за редизайн)

1. Уточняване на обекта за редизайн.

2. Избор на „проектант” (човек, който не познава конкретния обект от т.1 и е компетентен да се прави с поставената задача за редизайн).

3. Съставяне на основните първични описания на обекта – (3), (4), (6), (7).

4. По всяко описание:

4.1. Изпълняване на концептуално проектиране „по описание съставяне на опростен сборен чертеж” директно или индиректно (табл.3).

4.2. Избор по предварително приети критерии на рационален вариант.

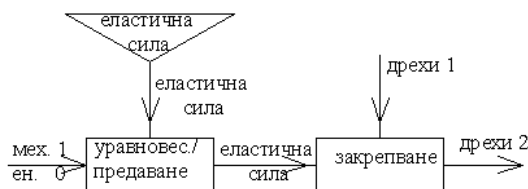
Пример

1. ТО „Щипка за дрехи”.

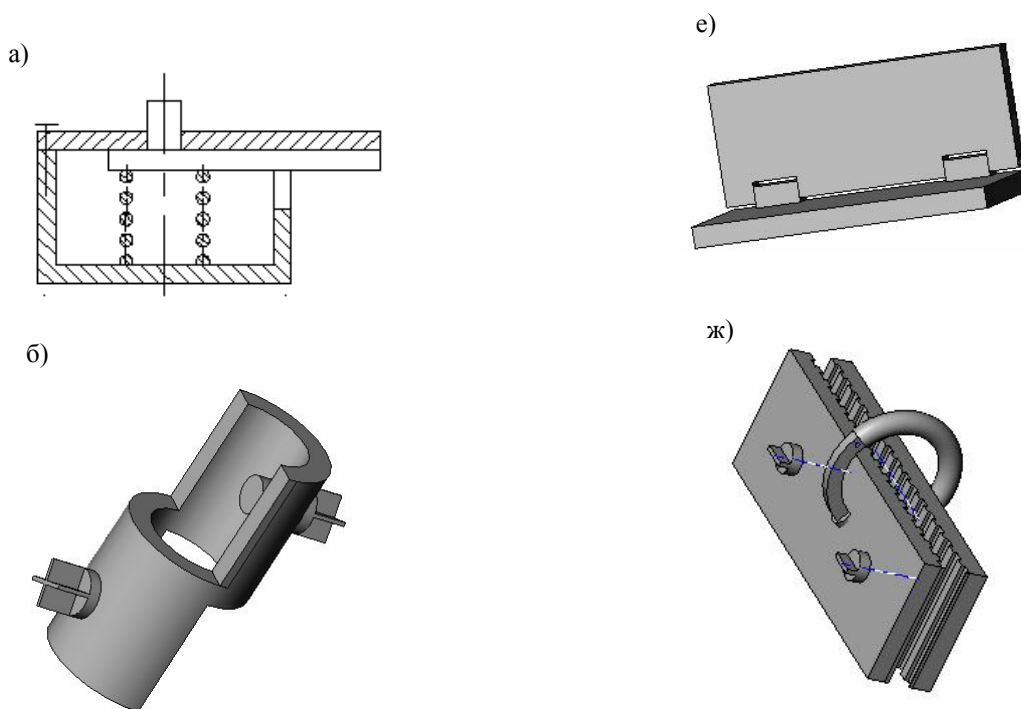
3. Зададено: ГФ- заципване (притискане) на дреха (към въже)

СЧас- притискащи части- два броя, пружина ФПД- фиг.6.

4. Някои резултати са дадени на фиг.7.



фиг.6 ФПД на ТО „Щипка”



фиг.7 Редизайн на ТО „Щипка за дрехи”

3.ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работата е разработен метод за концептуално проектиране на технически обекти, наречен „Описания”. Видовете описания на обект и техните трансформации могат да се използват и при редизайн на произволен технически обект.

Литература

1. Орлов Н.А. Методологически основи на конструирането. Правила и принципи, Русе, ВТУ „Ангел Кънчев”, 1985.
2. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества, С-Петербург, изд. Лань, 2007.
3. Джонс Д.К. Методы проектирования, перев. с англ., М., мир, 1986.
4. Лепаров М. Относно методи за проектиране на технически обекти, XI научно-техн. конф. с межд. участие „Автоматизация на дискретното производство” АДП 2002, С., 2002.
5. Лепаров М., М. Вичева, М. Георгиев Основни на инженерното проектиране, С., Софттрейд, 2011.
6. Лепаров М. Някои основни твърдения за процеса на проектиране на технически обекти, XX юбилейна международна научно-техн. конф. „Автоматизация на дискретното производство” АДП 2011, Созопол, 2011.

7. **Ганева Н., М.Лепаров, Г.Станчев** Основи на инженерното проектиране, ръководство, С., Софттрейд, 2010.
8. **Папазян К. и др.** Ръководство за упражнения по техническо чертане, С., Техника, 1978.

9. **Otto K., K. Wood** Product Design. Techniques in Engineering and New Product Development, NJ, Prentice Hall, 2001.
10. **Pahl G., W. Beitz.** Engineering Design. A Systematic Approach, Springer- Verlag Berlin, 2001.

METHOD “DESCRIPTIONS” FOR CONCEPTUAL DESIGN OF TECHNICAL OBJECTS

Mihail LEPAROV

Fundamentals and Techniques of Design department, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: mleparov@tu-sofia.bg

Summary: A method for conceptual design of any technical object is proposed in the paper. The method is based on different descriptions of the design object and their transformations. It is represented by the heuristic algorithm and illustrated by an example.

Keywords: design, conceptual design, technical object

ВИЗУАЛНА СРЕДА ЗА СИМУЛИРАНЕ НА 802.11N БЕЗЖИЧНИ МРЕЖИ

Валентин ХРИСТОВ

катедра „Компютърни системи и технологии“, Югозападен университет "Н.Рилски" - Благоевград, България
e-mail: v_hristov@swu.bg

Резюме: Цел на настоящата работа е да се разработи визуална среда за симулиране на 802.11n безжични мрежи, която позволява задаването на различни мрежови конфигурации и генериране на GPSS код. Разработената програма има специфично съдържание и точно определени функции съобразени с параметрите и изискванията на работа на безжичните мрежи по стандарта 802.11n. При създаване на програмата са решени следните задачи: Изследвани са методите за достъп до съобщителната среда безжични мрежи от гледна точка на протичащите физични процеси и формализирането им до модел (компютърна програма); Връзка и начин на комуникация между визуалната среда и симулационната система GPSS; Изследване на възможностите за приложение на създадената приложната програмна система.

Ключови думи: високоскоростни безжични мрежи, визуална среда за симулиране, GPSS

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Съвременните безжични компютърни мрежи предоставят все по-висока скорост на предаване на данните във физическия слой (*PHY*) и използват високо ефективни протоколи в слоя за управление на достъп до съобщителната среда (*MAC- Media Access Control*). Целта е освен скорост на обмен (*throughput*) да се поддържа качество на обслужване (*QoS- Quality of Service*) за различни най- вече мултимедийни, итерактивни и други приложения (например, *HDTV- 20Mbps*, *DVD- 9.8Mbps*). Новоприетият стандарт 802.11n осигурява скорости до 600 *Mbps* чрез подобрения при *PHY* и *MAC* слоевете.

Качеството на обслужване по същество включва поддържане под определени нива на загубите, закъсненията и джитера (варирането на закъсненията) при обмен на данните. Очевидно е, че познаването на тези параметри за различни мрежови конфигурации е от много голямо значение при проектирането и/или внедряването на нови протоколи и услуги[2].

За симулиране и изследване на безжични мрежи се използват различни програмни продукти- Airmagnet Laptop Analyzer Pro; Celetrio Covera Zone; Passmark Performance Test и др.

Например, Airmagnet Laptop Analyzer Pro Ver.7.6 Build 10264 е комплексен програмен продукт за изследване, анализиране и администриране на 802.11a/b/g/n мрежи. В основата на програмният продукт е ядрото AirWise, интели-

гентен модул извършващ автоматично редица изчисления и извеждащ в графичен вид, в реално време състоянието на безжичната мрежа (Wi-Fi спектър на *PHY* слой, FFT спектрална диаграма и др).

Covera Zone Ver.2.1 е програмен продукт за изследване покритието на безжични мрежи и измерване на затихванията на радиосигнала.

Performance Test 6.1 е пакет от програми за цялостна диагностика на компютърни системи. Един от неговите модули, *Passmark Advanced Network Test*, служи за изследване на компютърните мрежи. Модулът измерва скоростта на обмен на данните между два хост компютъра (условно наречени клиент и сървър), на които трябва да бъде инсталиран пакета Performance Test 6.1. Скоростта на обмен се измерва на приложния слой или на транспортния слой (TCP/IP и UDP). Има възможност за измерване на скоростта на различни портове, често използвани от потребителите – TCP (80-HTTP, 21-FTP, 23-Telnet, 25-SMTP, 53-DNS) и UDP (53-DNS, 69-TFTP, 161-SNMP, 520-RIP).

На пазара за програмни продукти и в Интернет могат да се намерят много визуални програми[1, 5, 6, 7, 8] за симулиране на безжични мрежи, но те имат или висока цена или ограничена функционалност, не са на български език, повечето са трудни за използване и изискват предварително обучение. В общия случай по-горе изброените програмни продукти не дават резултати за закъсненията и джитера при обмена на данните.

Целта на настоящата статия е разработването на визуална среда, позволяваща задаване на различни конфигурации на безжични локални мрежи, генериране на код за симулационната система GPSS[1] и получаване резултати за закъсненията, джитера и загубите при обмена на данните.

2. MAC ПРОТОКОЛИ ПРИ 802.11N БЕЗЖИЧНИ МРЕЖИ

Освен висока скорост на обмен на данните 802.11n осигурява разширено покритие на безжичната мрежа, наличие на тъй наречените насочени пространствени канали за радиосигнала, по-ниска чувствителност към интерференция, по-малко влияние на обкръжаващата инфраструктура (чрез използването на MIMO технологията), по-висока пропускателна способност и съвместимост с двата честотни обхвата -2.4 GHz и 5 GHz.

Спецификацията позволява поддържане на качество на обслужване, чрез нова координираща функция- *Hybrid Coordination Function (HCF)* използваща два метода за достъп до канала- състезателен метод- *EDCA* и с разпитване- *HCCA*.

При *EDCA* [2], се поддържат множество класове трафик- *AccessCategories (AC)*. Така трафикът с висок приоритет реализира по-голяма скорост в сравнение с трафика с нисък приоритет, тъй като станция, разполагаща с данни с висок приоритет чака по-малко, преди да ги изпрати. *EDCA* дефинира за всеки клас трафик специфични стойности[2] за:

- времеви интервал- *Arbitration Interframe Space (AIFS)*;
- размера на *backoff* прозореца- *Contention Window (CW)*;
- параметъра за възможност за предаване - *Transmit Opportunity (TXOP)*.

Времеви интервал- *Arbitration Interframe Space (AIFS)* за всеки клас трафик ($k=0, 1, 2$ и 3 , където 3 е най-високо приоритетния, а 0 –е най-ниско приоритетния *AC* клас) се определя по формулата:

$$AIFS[k] = SIFS + AIFSN[k] \times \tau, \quad (1)$$

където $AIFSN[k]$ е *AIFS* константа за съответния клас трафик k , и τ е времеви слот.

Backoff броячът не намалява докато радиоканала не е свободен поне $AIFS[k]$ време.

Преди обмен на данни (за да се предотврати възникването на конфликт) се изчаква *backoff time* [2], което време се избира чрез генератор на случайни числа в интервала между 0 и $CW-1$. Стойността *CW- Contention Window*, зависи както от броя на неуспешните трансмисии за дадения пакет, така и класа трафик (*AC*). При първата трансмисия, *CW* е *CWmin- Minimum Contention Window*. След всяка неуспешна трансмисия, *CW* се удвоява до достигане на максималната стойност ($CWmax = 2^m \times CWmin$) за съответния клас трафик.

В допълнение, на всяко ниво на приоритетизация се присвоява т. нар. възможност за предаване (*TXOP- Transmit Opportunity*). *TXOP* е интервалът от време, през който станция получила веднъж достъп до канала може да изпраща данни (директно един след друг изпраща множество кадри, без прекъсване между тях), като през този интервал други станции не могат да изпратят данни.

Блоковите потвърждения подобряват *MAC* ефективността като позволяват 802.11n устройствата да предават през *TXOP* последователно кадри, без междинни потвърждаващи кадри (*ACK*). Вместо това, приемникът изпраща един *ACK* за целия блок, за да покаже успешно или неуспешно е бил приет всеки предаден кадър.

802.11n устройствата могат да използват и протокол с предаване в обратна посока, така предоставят част от своя *TXOP* интервал от време за предаване на приемника. По такъв начин, при необходимост, приемникът може да изпрати данни в обратна посока, без да чака съответния *backoff* период от време. Тази функция е от много голямо значение за поддръжка на протоколи от горните слоеве като *TCP*, който изпраща потвърждения или *VoIP*, който създава двупосочен трафик.

Функцията *HCCA- Hybrid Coordination Function Controlled Channel Access* реализира централизиран метод за достъп по време на тъй нар. фаза за контролиран достъп(*CAP*). Хибридният координатор (*HC- Hybrid Coordinator*), или точката за достъп- *AP*, контролира достъпа до преносната среда, като разпитва последователно мобилните хостове (*MH*) за наличие на пакети за обмен (*polling*), след което последователно във времето разрешава на готовите *MH* да предават.

Координиращата функция *HCCA* е опционална за 802.11n устройствата поради, което не е реализирана във предлаганата по-долу визуална среда за симулиране на безжични мрежи.

3. ВИЗУАЛНА СРЕДА ЗА СИМУЛИРАНЕ НА БЕЗЖИЧНИ МРЕЖИ.

За изграждането на прозрачно-потребителски интерфейс на визуалната среда за симулиране на безжични мрежи е използвана стандартната библиотека Windows Forms в C#. Позволява[3] изграждане на прозорци и диалози с графични контроли в тях, чрез които се извършва интерактивно взаимодействие с потребителя.

При реализацията на визуалната среда е използван таб контрол. С негова помощ потребителят използващ приложението може да превключва между двете основните части на приложението:

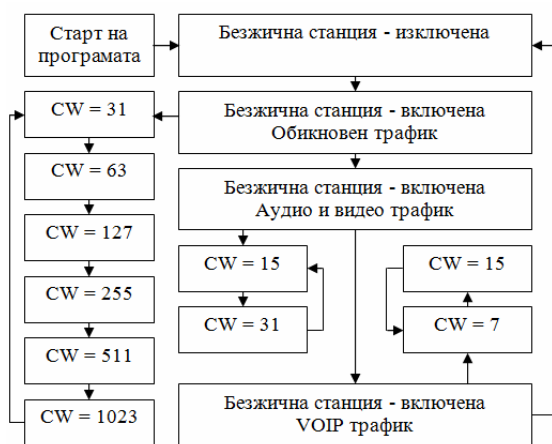
- Мрежова конфигурация и задаване на режимите на работа на безжичните станции;
- Генериране на GPSS код и изходни резултати от *GPSS World*.

В частта „Мрежова конфигурация и задаване на режимите на работа на различните системи” с помощта на мишката потребителя може да задава различни мрежови конфигурации и режими на работа на безжичните станции. Безжичните станции могат да имат четири състояния:

- безжична станция изключена;
- безжичната станция предава еластичен (нечувствителен към забавянето) трафик;
- безжичната станция предава видео трафик. Тези приложения са чувствителни към закъсненията, но го допускат. Закъсненията могат да бъдат забелязани от потребителя, но не оказват негативно влияние върху работата на приложенията;

- безжичната станция предава VoIP трафик. Приложенията за VoIP са свръхчувствителни към закъсненията и варирането им, тъй като потребителите са неудовлетворени от качеството на предоставяните VoIP услуги.

В зависимост от това, какъв клас трафик е избран, визуалната среда за симулиране на безжичната мрежа определя различен по размер *ContentionWindow(CW)* прозорец:



Фиг.1 Задаване режимите на работа на безжична станция

- Обикновен трафик – CW(31-1023);
- Видео трафик – CW(15-31);
- VoIP трафик – CW(7-15).

В първата част на приложението потребителят може да променя състоянието на точките за достъп:

- точки за достъп – изключени;
- основен набор от служби *BSS* (има включена една точка за достъп- *AP*);
- разширен набор от служби *ESS* (включени са поне две *AP*).

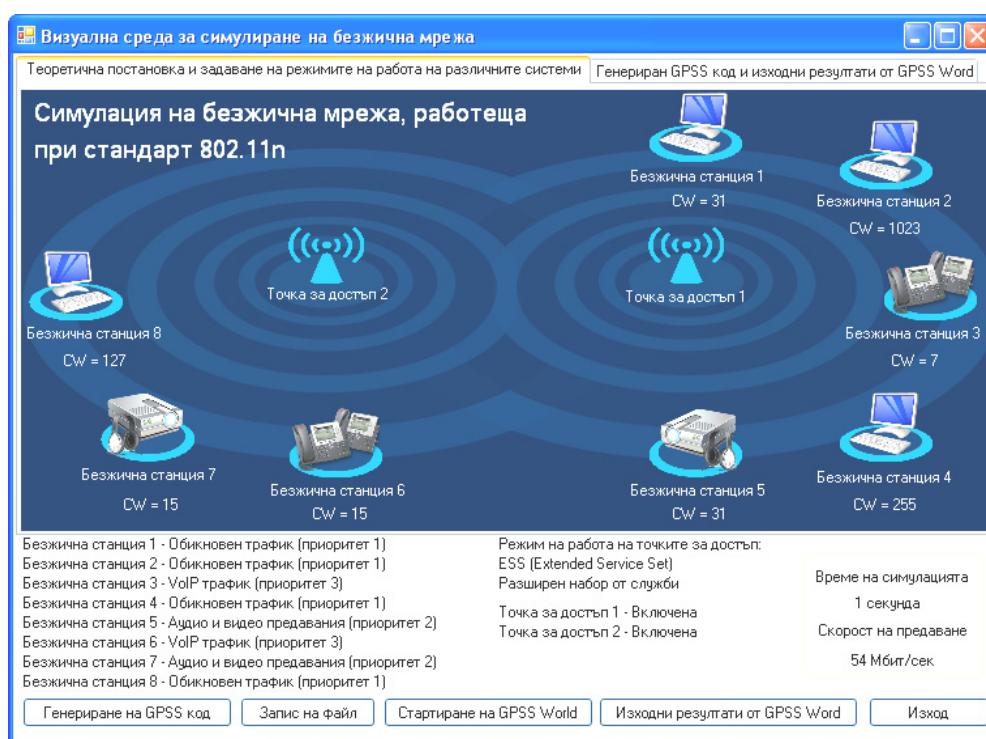
Настоящата версия[4] на визуалната среда за симулиране позволява задаването на *ESS* мрежови конфигурации с две точки за достъп. Предполага се, че безжичните станции са на еднакво разстояние от съответната точка за достъп и между тях има пряка видимост. В обхвата на първата точка за достъп са безжични станции с номера от едно до пет. Втората точка за достъп взаимодейства с останалите. Програмата е разработена така, че дадена точка за достъп е включена, само когато поне една безжична станция в обхвата ѝ е включена. Ако се изключат всички станции в обхвата на дадена точка за достъп, се изключва и самата точка. Обратно, при изключване на точката за достъп се изключват и всички безжични станции в нейния обхват.

На фиг. 2 е представен екран от програмата при задаване на режимите на работа на безжичните станции и точките за достъп.

За всяка безжична станция има пет отделни бутона. Четири от тях определят състоянието на

станцията (изключена, обикновен трафик, аудио и видео предаване и *VoIP*). Те са с еднакво местоположение, т.е. намират се един върху друг. Петият бутон служи за променяне на размера на прозореца - *CW*. Той се намира непосредствено под първите четири бутона. Точките за достъп имат две състояния - включено и изключено. Включването става с помощта на някоя от станциите в обхвата на точката за достъп. Изключването е реализирано с бутон. При стартиране на визуалната среда за симулиране на безжични мрежи, първоначално се показват само бутоните

със състояние изключена безжична станция и изключена точка за достъп. Останалите бутони са скрити. При настъпване на събитие за натиснат бутон от мишката „*Click*”, програмата изпълнява заложения код в съответния бутон. На фиг. 1 е представена блоковата схема на задаване режима на работа на една от осемте безжични станции. Останалите седем са реализирани по идентичен начин. Промяната на размера на *contention windows* прозореца (*backoff*) се реализира с един бутон. Както се вижда от фиг. 1, размерът на прозореца зависи от избрания клас трафик.



фиг.2 Задаване на мрежова конфигурация във визуалната среда

табл.1 Стандартни EDCA параметри за стандарт 802.11n.

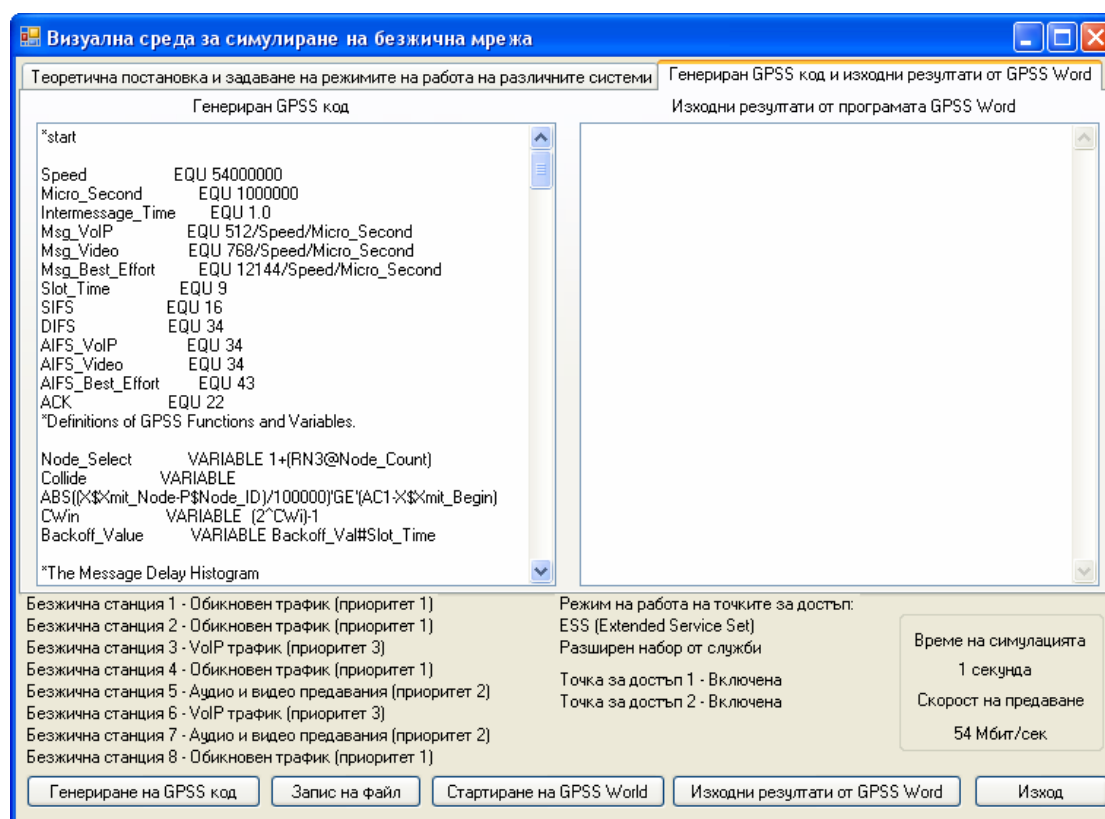
Клас трафик AC	CW минимум	CW максимум	AIFSN	AIFS за всеки клас трафик	Приоритет за достъп
Background	31	1023	7	79	0
Best Effort	31	1023	3	43	1
Video	15	31	2	34	2
Voice	7	15	2	34	3

С помощта на параметъра "Text" на контролата Button се променя текста, изобразяван върху бутона. Програмният код, с който потребителя задава минималните и максималните стойности на contention windows за съответния трафичен клас е реализиран с условни конструкции на C# - if и if-else.

Чрез тези оператори на практика се ограничава максималната стойност на параметъра CW за

съответния клас трафик. Минималните и максималните стойности на contention windows са показани в таблица 1.

На фиг. 3 е представена втората част на приложението „Генериран GPSS код и изходни резултати от GPSS World“. Реализирана е чрез две полета за въвеждане на текст (TextBox). Първото поле е за генерирания от програмата GPSS код.



фиг.3 Генериран GPSS код

Второто поле- за въвеждане на текст е за изходните резултати от симулационната система GPSS World. Двете полета са поставени едно до друго с цел – лесно да се разглеждат генерирания код и изходния резултат от симулационното моделиране.

Най- долу са разположени бутоните:

- Генериране на GPSS код;
- Запис на файл;
- Стартиране на GPSS World;
- Изходни резултати от GPSS World;

- Изход.

При натискане на бутона „Генериране на GPSS код“, програмата генерира GPSS[1] код, който е съобразен със стандарта на безжична мрежа 802.11n. Алгоритъмът на генерирания от визуалната среда за симулации на безжични мрежи код е следния:

- Всяка безжична станция генерира пакети с определена дължина и интензивност зависещи от класа трафик който е избран;

- Всеки пакет се предава по радио-канала към съответната точка за достъп;
- Точката за достъп определя случайно станцията получател на пакета;
- Пакета се унищожава в случай на достигане на получателя.

Генериранят код на GPSS се получава чрез конкатениране на предварително подготвени GPSS сегменти[1] за:

- константи за всеки вид трафик (размер на пакетите, скорост/време на предаване, AIFS и др);
- функции и променливи/матрици (за избор на случайна станция, наличие на колизия, моментни стойности на contention windows, backoff и др);
- N на брой GPSS сегмента симулиращи безжичните станции. Генерират пакети със (зададена) интензивност и първоначални параметри за съответния тип трафик;
- сегменти симулиращи точките за достъп;
- GPSS сегмент задаващ времето на симулация (1 секунда).

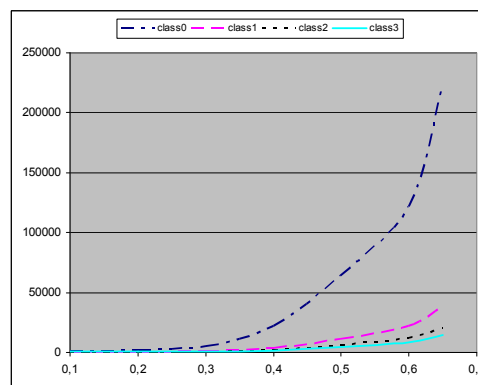
Чрез бутона „Запис на файл” генериранят GPSS код се запазва във файл за GPSS World, след което с бутона „Изход” може да се излезе от програмата. Натискайки последователно бутоните „Стартиране на GPSS World” и „Изходни резултати от GPSS World” може да се стартира GPSS World, ако вече не е бил стартиран (разбира се GPSS World трябва да е инсталиран на компютъра) и да се разгледат изходните резултати (report) от проиграването на GPSS модела. Обменът на данни между разработената програма и GPSS World [1] става чрез DDE технологията на MS Windows.

Трябва да се отбележи, че резултатите (закъснения, вероятност за загуба на пакети и др.) са в специфичния вид за GPSS симулационната система [1], така, че за потребител непознаващ GPSS не е лесно да интерпретира резултатите.

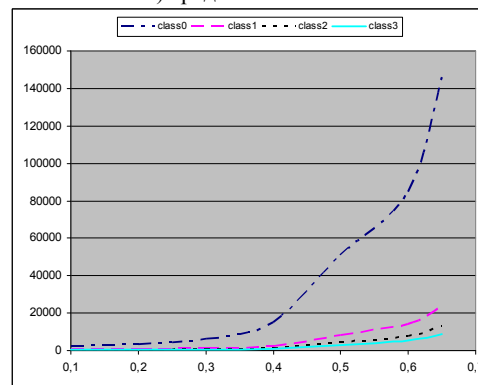
Предстоят работи по извеждането на резултатите от GPSS в удобен вид за потребителя, както и по интегрирането на симулатора в web базирана CAx система чрез XML [9, 10, 11].

На фиг. 4, 5 и 6 са показани резултати получени с визуалната среда за симулиране на безжични мрежи [4]. Изходните резултати от GPSS World за закъсненията (средни стойности

и девиация) са представени в графичен вид използвайки MS Excel.

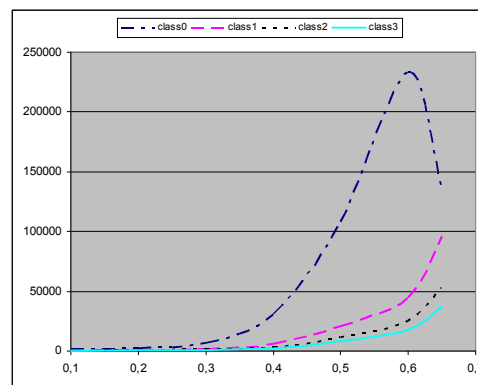


а) средни стойности

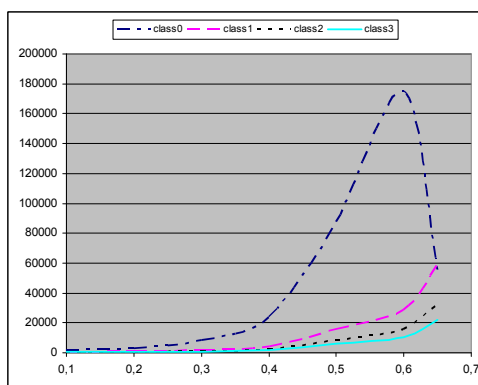


б) девиация

Фиг.4 Закъснения (средни стойности и девиация) като функция на системното натоварване за най-нископриоритетния трафикен клас 0 – ρ_0 ($\rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = 0.1$).



а) средни стойности



б) девиация

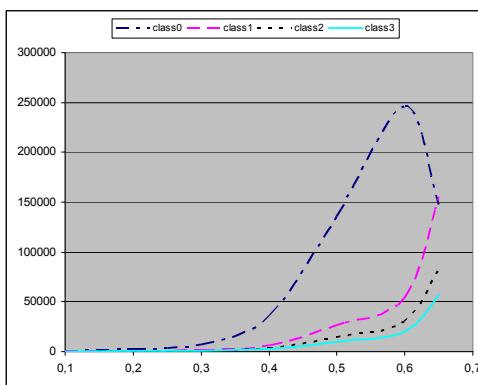
фиг.5 Закъснения (средни стойности и девиация) като функция на системното натоварване за трафичен клас 1 – ρ_1 ($\rho_0 = \rho_2 = \rho_3 = 0.1$).

Средните стойности на закъсненията и девиацията (в микросекунди) нарочно са показани като функция на един обобщен параметър- системното натоварване- ρ_k за всеки клас трафик:

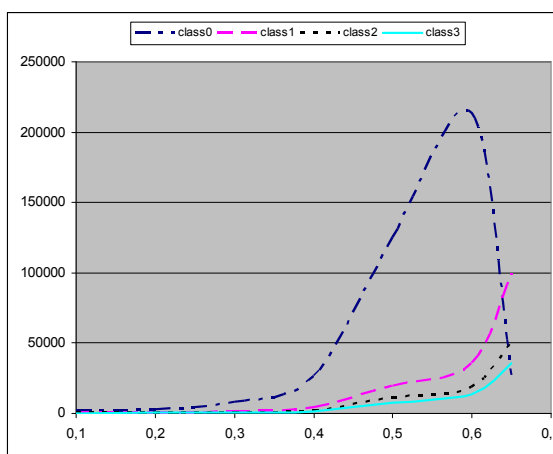
$$\rho_k = N_k \cdot L_k \cdot \lambda_k / \mu \quad (2)$$

където: N_k - брой на безжичните станции генериращи пакети от дадения трафичен клас, L_k - дължина пакетите от дадения клас трафик, λ_k - интензивност на генериране на пакети от дадения клас трафик μ - скорост на предаване.

Закъсненията нарастват с увеличаване на системното натоварване (фиг.4, 5 и 6), което се и очаква. Закъсненията за ниско приоритетния клас (class0) намаляват при високо натоварване от другите трафични класове ($\rho_1 \geq 0.6$ или $\rho_3 \geq 0.6$), тъй като част от пакетите от class0 търпят загуби (фиг.5 и 6).



а) средни стойности



б) девиация

фиг.6 Закъснения (средни стойности и девиация) като функция на системното натоварване за най- високоприоритетния трафичен клас 3 – ρ_3 ($\rho_0 = \rho_1 = \rho_2 = 0.1$).

Аналогични са резултатите и при $\rho_2 \geq 0.6$, но поради ограничения обем същите тук не са показани.

Средните стойности на закъсненията и девиацията значително се различават, което показва, че протичащите процеси в безжичните мрежи не могат да се моделират с M/M/1 система за масово обслужване [2].

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статията е представена една визуална среда за симулиране на безжични 802.11n мрежи с мощта, на която при съответните начални условия се получава статистика за производителността, максималното и средно закъснения, вероятността за загуба на пакети и др. Разгледани са функционалните възможности и начина на работа й, по този начин статията се явява и своеобразно ръководство на потребителя. Предложената визуална среда е много удобна както за научно-изследователски, така и за образователни цели.

Предстоят работи по извеждането на резултатите от симулациите (закъснения, вероятност за загуба на пакет и др.) в удобен вид за потребител непознаващ GPSS симулационната система.

Литература

1. Кудрявцев, Е., GPSS World, ДМК, Москва, 2004.

2. **Христов, В.**, Безжични компютърни мрежи (монография), Университетско издателство ЮЗУ „Неофит Рилски“, Благоевград, 2010.
3. **Шилдр, Г.**, С# 4.0 : полное руководство, Вильямс, Москва, 2011.
4. <http://cst.swu.bg/~vhristov/simulators> Посетен на 10.11.2011г.
5. <http://tetcos.com/NetSlim> Посетен на 10.11.2011г.
6. <http://www.caciasl.com/COMNET> Посетен на 10.11.2011г.
7. <http://www.opnet.com> Посетен на 10.11.2011г.
8. <http://www.webnms.com/AdventNet> Посетен на 10.11.2011г.
9. **Penchev V., Tudjarov B.**, An application of cloud programming, evolutionary optimization and analytic geometry for the needs of vehicle crash analysis, XIII International PhD Workshop, OWD 2011, 22–25 October 2011, Gliwice, Poland, pp.24-29.
10. **Tudjarov B., Bachvarov A., Boyadjiev I.**, Web Virtual Reality for Product Customization, Proceedings of the 3rd International Conference on Mass Customization and Personalization in Central Europe (MCP - CE 2008), Novi Sad, Serbia, 2008, pp.7-13.
11. **Tudjarov B., Igoshi M.**, Collaborative Product Design, Analysis and Documentation with XML Description, Memoirs of Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University No.50, 2000, pp.53-70.

A VISUAL ENVIRONMENT FOR SIMULATION OF 802.11N WIRELESS NETWORKS

Valentin HRISTOV

Computer systems and technologies department, Southwest university "N.Rilski" - Blagoevgrad, Bulgaria
e-mail: v_hristov@swu.bg

Abstract: The aim of present work is to develop a visual environment that allows simulation of 802.11n wireless networks by setting of different configurations of LANs and generating General Purpose Simulation System (GPSS) code. The developed program has specific visual content and specific functions in accordance with the terms and requirements of new networking standard 802.11n. In order to achieve this we solve the following tasks: Survey of types of wireless networks (their operating modes and parameters etc.); Analysis and modeling of real physical processes and their formalization in computer programs (models); Select appropriate software for interactive visual development environment; Relationship and communication between the visual environment and GPSS simulation system; Exploring the possibilities of application of proposed simulation program.

Keywords: high-speed wireless networks, visual environment, General Purpose Simulation System

МЕТОДИКА ЭКСПРЕСС АНАЛИЗА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ ЭКСКАВАЦИИ ГОРНЫХ ПОРОД

Анатолий КОМИССАРОВ¹ Петр ПОБЕГАЙЛО² Виктор ШЕСТАКОВ¹

¹кафедра „Горных машин и комплексов”, ГОУ ВПО „Уральский государственный горный университет”, Россия
e-mail: yu.lagunova@mail.ru

²ИМАШ им. Благодравова А.А. РАН, Россия
e-mail: petrp214@yandex.ru

Резюме: Для определения технического уровня карьерных одноковшовых механических экскаваторов может быть использован энергетический подход. В этом случае энергопотребление характеризуется рядом показателей: энергоемкостью рабочего процесса (энергопоглощением); общей энергоемкостью и КПД рабочих механизмов при их совместной работе. В настоящей работе показано, что для карьерных одноковшовых механических экскаваторов процесс экскавации (копание) сопряжен с большими непроизводительными энергозатратами, превышающими энергозатраты на преодоление сопротивления копанью.

Ключевые слова: экскавация горных пород, энергопотребление, энергоемкость, энергопоглощение, коэффициент полезного действия

Из широкой гаммы горных машин используемых на открытых горных работах для настоящего исследования нами выбран карьерный одноковшовый механический экскаватор (КО-МЭ). Этот выбор обусловлен их широким распространением на указанных работах [1 – 3 и др.].

В условиях реального производства необходимо иметь возможность оценивать технический уровень применяемой техники и делать это быстро. Необходимы методы экспресс-анализа технического уровня машин. Эти методы должны быть основаны на минимуме исходных данных и минимуме расчетов, и давать близкую к реальности качественную картину происходящего. Отталкиваясь от этих требований, нами разработан энергетический метод экспресс-анализа технического уровня КОМЭ. Рассмотрим его подробнее.

Энергопотребление КОМЭ в общем случае характеризуется следующими показателями [1 – 6 и др.]:

- энергоемкостью рабочего процесса или энергопоглощением;
- величиной работы движущих сил;
- удельными энергозатратами, отнесенными к объему экскавируемой породы (общей энергоемкостью);
- суммарным КПД рабочих механизмов;
- степенью использования установленной мощности привода.

Известно [1,2,4,6 и др.], что величины энергозатрат и, соответственно, потребляемой мощности при экскавации (копание) значительно превышают энергозатраты при транспортировании грузенного и порожнего ковшей. Уровень энергопотребления при экскавации определяется режимом работы копающих механизмов (подъемного и напорного). Поэтому далее мы рассматриваем лишь операцию копания (экскавацию).

Энергоемкость экскавации горных пород можно определить по формуле:

$$a = \frac{A_C}{V} \quad (1)$$

где A_C - работа, затрачиваемая на преодоление сил сопротивления копанью; V - объем экскавируемой породы.

В свою очередь, величина указанной выше работы определяется так:

$$A_C = P_{01} \cdot L \quad (2)$$

где P_{01} - касательная составляющая сил сопротивления копанью; L - путь наполнения ковша.

Объем экскавируемой породы можно найти по формуле:

$$V = S \cdot L \quad (3)$$

где S - среднее значение площади поперечного сечения объема экскавируемой породы.

На базе формул (2) и (3) формулу (1) можно записать в виде:

$$a = \frac{P_{01}}{S} = K_F \quad (4)$$

где K_F - коэффициент сопротивления копанью [3 – 5 и др.].

При экскавации горных пород карьерными экскаваторами типа ЭКГ $K_F = 0,016...1,2$ МПа. Расчетное значение коэффициента для скальных пород $K_F = 325$ кПа, т.е. расчетное значение энергоемкости экскавации скальных пород $a = 325$ кПа.

Удельные энергозатраты (общая энергоемкость) могут быть определены по зависимости:

$$\mathcal{E} = \frac{A_{дв}}{V} = \frac{P_K}{Q_K} \approx \frac{P_{уст}}{Q_K} \quad (5)$$

где $A_{дв}$ - работа движущих сил (усилий подъема и напора); P_K - потребляемая мощность при копании; $P_{уст}$ - установленная мощность привода; Q_K - производительность экскаватора (отнесенная к длительности копания).

Например, для экскаватора ЭКГ-10 (при мощности сетевого двигателя $P_{уст} = 800$ кВт; расчетной длительности копания $T_K = 8,7$ с) расчетная производительность при работе в скальном забое и удельные энергозатраты соответственно равны:

$$Q_K = \frac{10}{8,7} = 1,15 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$\mathcal{E} = \frac{800}{1,15} \approx 700 \text{ кПа}$$

Суммарный КПД копающих механизмов (подъемного и напорного) без учета потерь энергии на трение в кинематических парах можно определить так:

$$\eta_{сум} = \frac{A_C}{A_{дв}} = \frac{P_C}{P_{уст}} \quad (6)$$

где P_C - мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления копанью. Её можно оценить по следующей формуле:

$$P_C = P_{01} \cdot V_K \quad (7)$$

где V_K - скорость вершины зуба ковша при копании.

Расчетное значение касательной составляющей сопротивления копанью определяется из

условия заполнения ковша на уровне оси напорного вала. Это можно представить в виде следующего соотношения:

$$P_{01} = \frac{K_F \cdot E \cdot K_H}{H_H \cdot K_P} \quad (8)$$

где E - вместимость ковша;

K_H , K_P - соответственно коэффициенты наполнения ковша и разрыхления породы; H_H - высота оси напорного вала, определяемая от уровня стоянки экскаватора.

Величина скорости копания определяется видом траектории вершины зуба ковша и обычно лежит в диапазоне 0,6...1,2 м/с. Большие значения соответствуют крутонаклонным траекториям. Фактические значения скорости копания при работе в скальном забое таковы: $V_K = 0,8...0,9$ м/с [7 – 9 и др.].

Для экскаватора ЭКГ-10 (при $P_{01} = 250$ кН и $V_K = 0,85$ м/с) приближенное значение суммарного КПД таково:

$$\eta_{сум} = \frac{250 \cdot 0,85}{800} = 0,27$$

Суммарный КПД может быть определен и через отношение энергоемкости экскавации к общей энергоемкости. Для этого можно воспользоваться формулой вида:

$$\eta_{сум} = \frac{a}{\mathcal{E}} \quad (9)$$

Для экскаватора ЭКГ-10 при экскавации скальных пород $\eta_{сум} = \frac{325}{700} = 0,46$.

Разница в значении КПД определенного для ЭКГ-10 по разным формулам может быть объяснена в первую очередь неточностью исходных данных, а во вторую – грубостью нашей модели. Однако это разумная цена за скорость и простоту метода экспресс - оценки технического уровня КОМЭ.

В целом же низкий КПД при экскавации обуславливается как низким КПД рычажного механизма (механизма рабочего оборудования) ввиду разнонаправленности движущих сил и скоростей подъема и напора, так и энергозатратами на подъем груженого ковша и рукояти на высоту разгрузки.

При выполнении остальных операций рабочего цикла потери энергии обуславливаются потерями на трение и КПД механизма составит $\approx 0,9$.

Степень использования установленной мощности привода за рабочий цикл относительно мала ввиду снижения уровня потребляемой мощности при выполнении операций транспортирования ковша и разгрузки.

Выводы. В настоящей работе предложен метод экспресс-анализа технического уровня КОМЭ построенный на энергетическом подходе. Приведен пример его применения для ЭКГ-10. Данный метод может быть использован как в реальных условиях эксплуатации, так и на ранних стадиях проектирования подобного рода машин. Очевидно, что поставленный в рамках этой статьи вопрос требует своего дальнейшего развития и углубления.

Частные выводы на базе приведенного нами примера с ЭКГ-10 таковы:

- в целом характер формирования энергозатрат при экскавации определяется изменением потребляемой мощности. Для карьерных экскаваторов типа ЭКГ процесс экскавации сопряжен с большими непроизводительными энергозатратами, превышающими энергозатраты на преодоление сопротивления копания;
- энергоемкость экскавации горных пород (энергопоглощение) адекватна коэффициенту сопротивления копания;

- суммарный КПД капающих механизмов определяется соотношением между энергоемкостью экскавации и общей энергоемкостью.

Литература

1. Горные машины. Машиностроение. Энциклопедия. Т IV-24 / Ю.А. Лагунова, А.П. Комиссаров, В.С. Шестаков и др.; Под общ. ред. В.К. Асташева. // Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. М.: Машиностроение, 2011. 496 с.
2. Горное оборудование Уралмашзавода / Коллектив авторов; отв. ред. – составитель Г.Х. Бойко. Екатеринбург: Уральский рабочий, 2003. 241 с.
3. **Подэрни Р.Ю.** Механическое оборудование карьеров. М.: Издательство МГГУ, 2007. 680 с.
4. **Тангаев И.А.** Энергоёмкость процессов добычи и переработки полезных ископаемых. М.: Недра, 1986. 232 с.
5. **Анистратов Ю.И.** Эффективность буровзрывных технологий разработки крепких горных пород на карьере // Горная промышленность. 1997. № 2.
6. **Анистратов Ю.И.** Технологические потоки на карьерах (энергетическая теория открытых горных работ). М.: «Глобус», 2005. 304 с.
7. **Крагель А.А., Рехтман А.П.** Комплексные испытания экскаватора ЭКГ-12 // Механизация строительства. 2001. № 1.
8. **Шестаков В.С.** Оптимизация параметров горных машин: учебное пособие. Екатеринбург: Издательство УГГГА, 2004. 227 с.
9. **Шестаков В.С.** Расчет на ЭВМ параметров горного оборудования: учебное пособие. Екатеринбург: Издательство УГГУ, 2009. 258 с.

EXPRESS ANALYSIS OF POWER CONSUMPTION OF DIGGING OF ROCKS

Anatoliy KOMISSAROV¹ Petr POBEGAILO² Victor SHESTAKOV¹

¹Mining machines and complexes department, Ural state mining university, Russia
e-mail: yu.lagunova@mail.ru

²Blagonravov Mechanical Engineering Research Institute of RAS, Russia
e-mail: petrp214@yandex.ru

Abstract: Power approach be used for determination of technical level quarry excavators. Energy consumption describe by the next indicators: energy absorption general and working process; efficiency. Explained, what working process of quarry excavators entail great energy consumption.

Keywords: excavation of rock, expenditure of energy, specific expenditure of energy, absorption of energy, total efficiency of working mechanisms

ПРИЛОЖЕНИЕ НА МЕТОДА НА СТРУКТУРНА РЕКУРСИЯ ЗА АНАЛИЗ НА CAD МОДЕЛ НА СГЛОБЕНА ЕДИНИЦА

Петър ГОРАНОВ¹ Атанас СТОЕВ²

¹ катедра „Основи и технически средства за конструиране”, Технически университет – София, България
[email:pvgor@tu-sofia.bg](mailto:pvgor@tu-sofia.bg)

² катедра „Основи и технически средства за конструиране”, Технически университет – София, България
[email:atstoev@tu-sofia.bg](mailto:atstoev@tu-sofia.bg)

Резюме: Методът на структурна рекурсия е разработен за синтез на топологията на механично изделие при условие, че структурната схема е натоварена с допълнителна инженерна информация, включваща схемите на базиране на детайлите, съобразно Теория на базирането. В настоящата работа се разглежда приложението на този метод за анализ на CAD модел на сглобена единица.

В модел на сглобена единица липсва информация за базирането на детайлите. Методът на структурна рекурсия дава възможност от наличната информация за наложените геометрични ограничения да се определи кои от повърхнините на детайл изпълняват ролята на основни бази и кои – на спомагателни бази. Възстановяването на информацията за базирането на детайлите позволява да се извършва инженерен анализ на структурата на сглобената единица. От друга страна определянето на базиращите повърхнини на всеки от детайлите е необходимо условие за да може да се извършва опростяване на CAD модела.

Ключови думи: метод на структурна рекурсия, структура на механично изделие, CAD модел

1. УВОД

Въпреки опитите за автоматизиране на етапа на концептуално проектиране, резултатите от него все още не могат да се използват непосредствено при геометричното оформяне на изделието. Концептуалният модел обикновено е представен с блокова схема, в символна форма или граф модел [4,6]. Този тип модели не позволяват постигане на висока степен на автоматизация при преход от концептуално моделиране към създаване на геометрията на изделието [5]. Последиците са намаляване на ефективността на процеса на конструиране и съответно увеличаване обемът на съпътстващата техническа работа.

За преодоляване на разгледаните проблеми в [7,3] се предлага подход за интегриране на етапа на концептуалното разработване геометрията на механично изделие на ниво структура с етапа на разработване на неговия окончателен геометричен модел. Според този подход структурната схема се натоварва с допълнителна инженерна информация, включваща схемите на базиране на детайлите, съобразно Теория на базирането [1]. За синтез на топологията на механично изделие, при посочените условия, е създаден метод на структурна рекурсия [5].

В настоящата работа се разглежда приложението на метода на структурна рекурсия за инженерен анализ на топологията на геометричен модел на сглобена единица, създаден с CAD система.

2. МЕТОД НА СТРУКТУРНА РЕКУРСИЯ

2.1. Основни дефиниции

Дефинирани са следните основни понятия:

- **Примитив (P)** – обобщение на понятието детайл. Примитивът представлява един или няколко сглобени детайла, които на логическо ниво се разглеждат като единичен компонент.

- **Макрос (M)** – примитив, съдържащ поне два детайла, за който чрез проследяване на структурната рекурсия, в резултат на която е получен, е разкрит пълния състав от детайли и връзките, определящи взаимното им разположение. Тези връзки са получени чрез декомпозицията на комплементарните комплекти основни и спомагателни бази и определят отношенията на “съседство” и “йерархия” между повърхнините (елементите на формата) на детайлите на макроса.

- **Правило R** за изграждане на структурата на механично изделие: „Към всеки базиращ примитив на дадено ниво в съответствие с комп-

лектите му спомагателни бази и съответните им схеми на базиране се базират (присъединяват) един или няколко примитиви от всички останали по-долни нива със съответни комплекти основни бази.”

2.2. Структурна рекурсия

Структурата на сглобената единица се формира в съответствие със следната процедура [7]:

1) На “нулево” ниво, детайлите (наречени примитиви) се разделят на две множества:

- множество “Базиращи примитиви” (с основни и спомагателни комплекти бази);
- множество “Базирани примитиви” (само с основни комплекти бази).

2) Към всеки базиращ примитив в съответствие с набора му експортирани признаци от вида “комплект спомагателни бази”, се присъединяват примитивите със съответните “комплекти основни бази”.

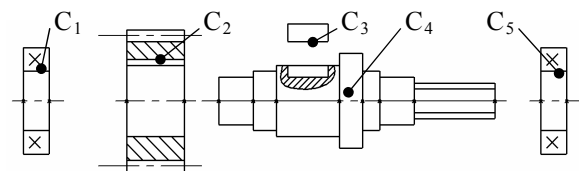
3) Свързаните чрез комплеметарните си комплекти бази базиращи и базирани примитиви образуват нов примитив, за който се определят комплектите му основни и спомагателни бази. (обновява се множеството на примитивите).

4) На всяко по-горно ниво се анализират наличните примитиви и се изпълнява Правилото **R** за формиране на структурата.

5) На последното ниво се изгражда последният примитив– изделиято, притежаващо само комплект основни бази, чрез които се базира в околната среда (фундамент, основа и т.н).

Описаната процедура може да бъде обобщена като структурна рекурсия, изпълнявана на произволно *i*-то ниво, за което:

- Определят се множествата базиращи примитиви и базирани примитиви;
- Изпълнява се Правилото **R**.



Фиг.1 Детайли на примерна сглобена единица

2.3. Формиране на структурата

За по-голяма яснота ще се разгледа примерът, приведен в [7], детайлите за който са показани на фиг.1. На фиг.2 в правоъгълни рамки са показани примитивите с условни означения $C1, \dots, C5, P_1^1, P_1^2, P_1^3$ и схемите на базиране чрез степените на свобода, които отнема съответната база. Схемите на базиране на основните комплекти бази са дадени в горната част на рамката, а на спомагателните комплекти – в долната част на рамката. Макросите са показани в кръгчета и са означени съответно с M_1^1, M_1^2 и M_1^3 . Горният индекс на примитивите и макросите е номер на съответното ниво на структурната рекурсия.

На ниво „0” примитивите (детайлите) са разделени на две подмножества: Базирани $\{C1, C2, C3, C5\}$ и Базиращи $\{C4\}$. Структурата на сглобената единица се формира от ниво „0” (детайли) до ниво „3” (сглобена единица – макрос M_1^3).

На ниво „0” шпонката $C3$ с основни бази $\langle 3,2,1 \rangle$ се свързва със спомагателните бази $\langle 3,2,1 \rangle$ на вала $C4$. Получава се макрос $M_1^1 = \{C3, C4\}$.

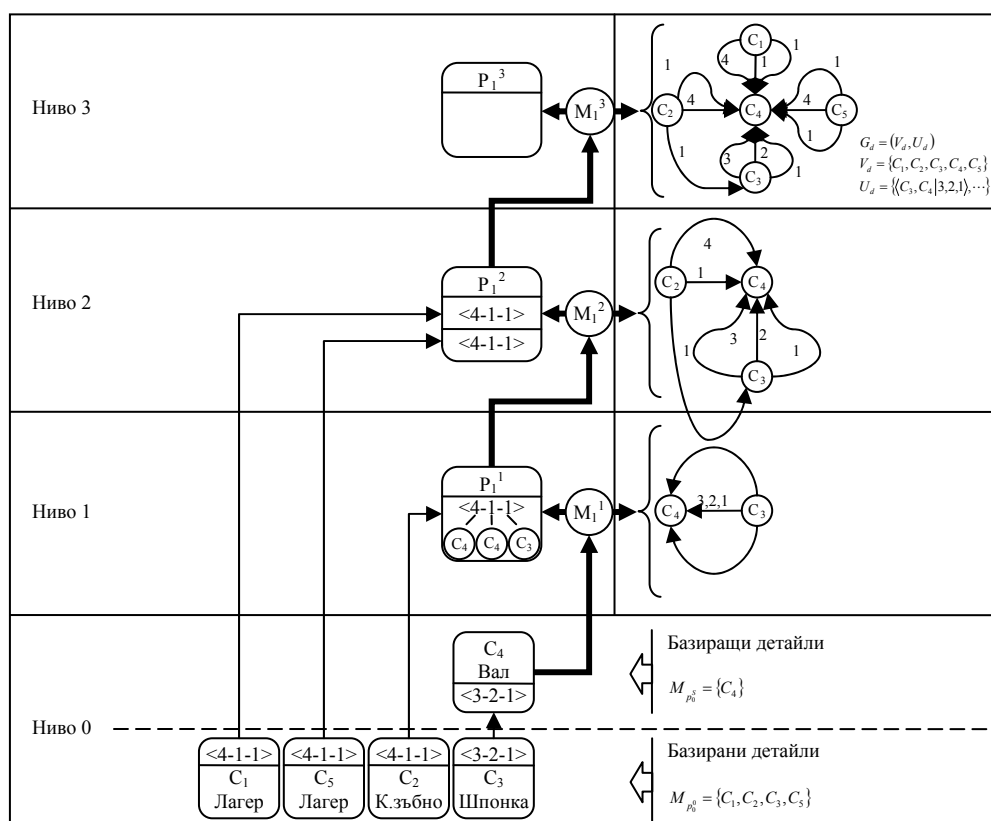
На ниво „1” макрос M_1^1 се разглежда като примитив P_1^1 с комплект спомагателни бази $\langle 4,1,1 \rangle$. Към него се свързва детайл $C2$ колело зъбно с основни бази $\langle 4,1,1 \rangle$ и се получава макрос $M_1^2 = \{C2, C3, C4\}$.

На ниво „2” макрос M_1^2 се разглежда като примитив P_1^2 с два комплекта спомагателни бази от вида $\langle 4,1,1 \rangle$ към които се свързват лагерите $C1$ и $C5$ със съответните комплеметарни основни бази. В резултат възниква макросът $M_1^3 = \{C1, C2, C3, C4, C5\}$.

3. ИНЖЕНЕРЕН АНАЛИЗ НА СТРУКТУРАТА НА CAD МОДЕЛ

За създаване модел на сглобена единица CAD системите предлагат геометрични ограничения за ориентиране, посредством които детайлите се позиционират един спрямо друг. Реализациите на тези геометрични ограничения, от гледна точка разглеждания аспект, може да се разделят на две групи:

- Редът, по който се посочват детайлите, не е от значение – детайлът, който има необходимите степени на свобода, се позиционира спрямо другия.



фиг.2 Формиране на структурата на макроса за сглобената единица от фиг.1

- Детайлът, който се посочва първи, се позиционира спрямо детайла, който се посочва втори.

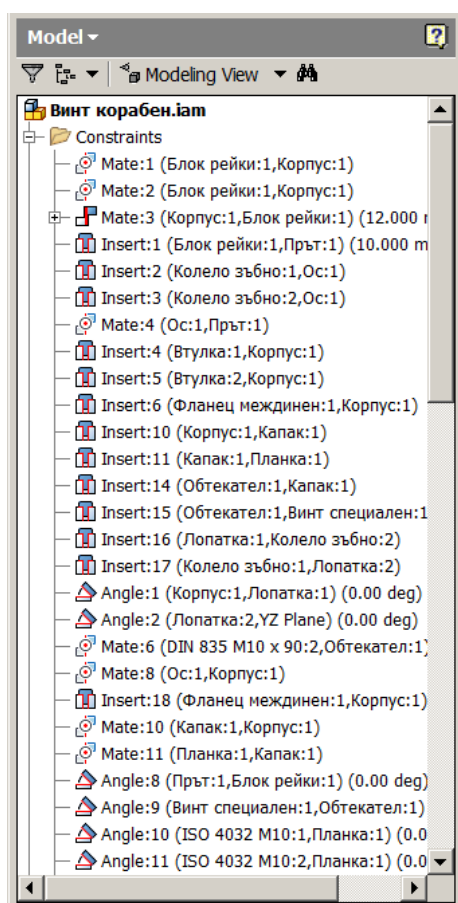
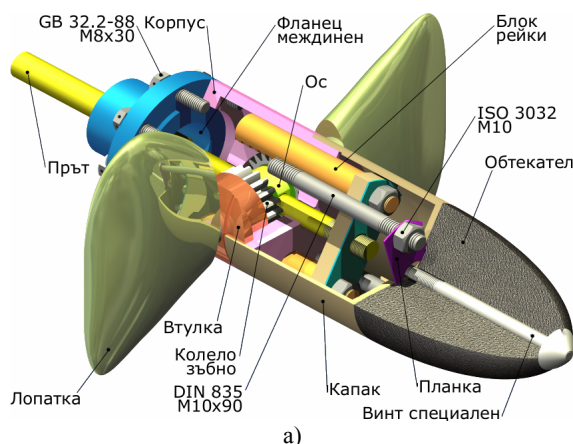
На фиг.3 е показан CAD модел на сглобена единица „Винт корабен”, съответно: на фиг.3а – геометричния модел, на фиг.3б – наложените геометрични ограничения за ориентация на детайлите. От CAD модела автоматично е генерирана структурната схема на сглобената единица [2].

Структурата, показана на фиг.4, е генерирана въз основа на анализ на наложените геометрични ограничения за ориентация. В случая редът на посочване на детайлите при налагане на геометрично ограничение не е от значение, което означава, че CAD моделът не съдържа информация за последователността на сглобяване. Графът на фиг.4 не е ориентиран, понеже от информацията, съдържаща се в CAD модела не може да се нап-

равят достоверни заключения за базирането на детайлите.

За извършване на инженерен анализ на структурата на сглобена единица е необходимо да е известен начинът на базиране на нейните компоненти. Напр. съгласно фиг.4 върху Капака са наложени 5 геометрични ограничения за позициониране. Не е известно, кои от тези геометрични ограничения служат за базиране на самия детайл, и кои служат за базиране на другите детайли.

Възстановяване на последователността на формиране на структурата на сглобената единица и съответно определянето на основните и спомагателните бази на детайлите може да се извърши с използване на метода на структурната рекурсия. При предположение, че геометричните ограничения за позициониране на детайлите в CAD модела са наложени върху базиращите по-



б)

фиг.3 CAD модел на сглобена единица „Винт корабен”

върхнини на примитивите, определянето на основните и спомагателните бази се извършва по следната процедура:

1) От формалния анализ на CAD модела за всеки примитив P_j се определят базиращите повърхнини (повърхнините, върху които има наложени геометрични ограничения) – $P_j \{b_1, \dots, b_n\}$.

2) На ниво „ i ” от формиране на структурата наложените геометрични ограничения между повърхнини от макроса M_k^{i-1} , създаден на ниво „ $i-1$ ”, определят базиращите повърхнини на базираните на това ниво примитиви P_k^j . Така базиращите повърхнини на P_k^j се разделят на основни, означени с „ o ” и спомагателни, означени с „ s ” – $P_k^j \{o_1, \dots, o_q, s_1, \dots, s_r\}$.

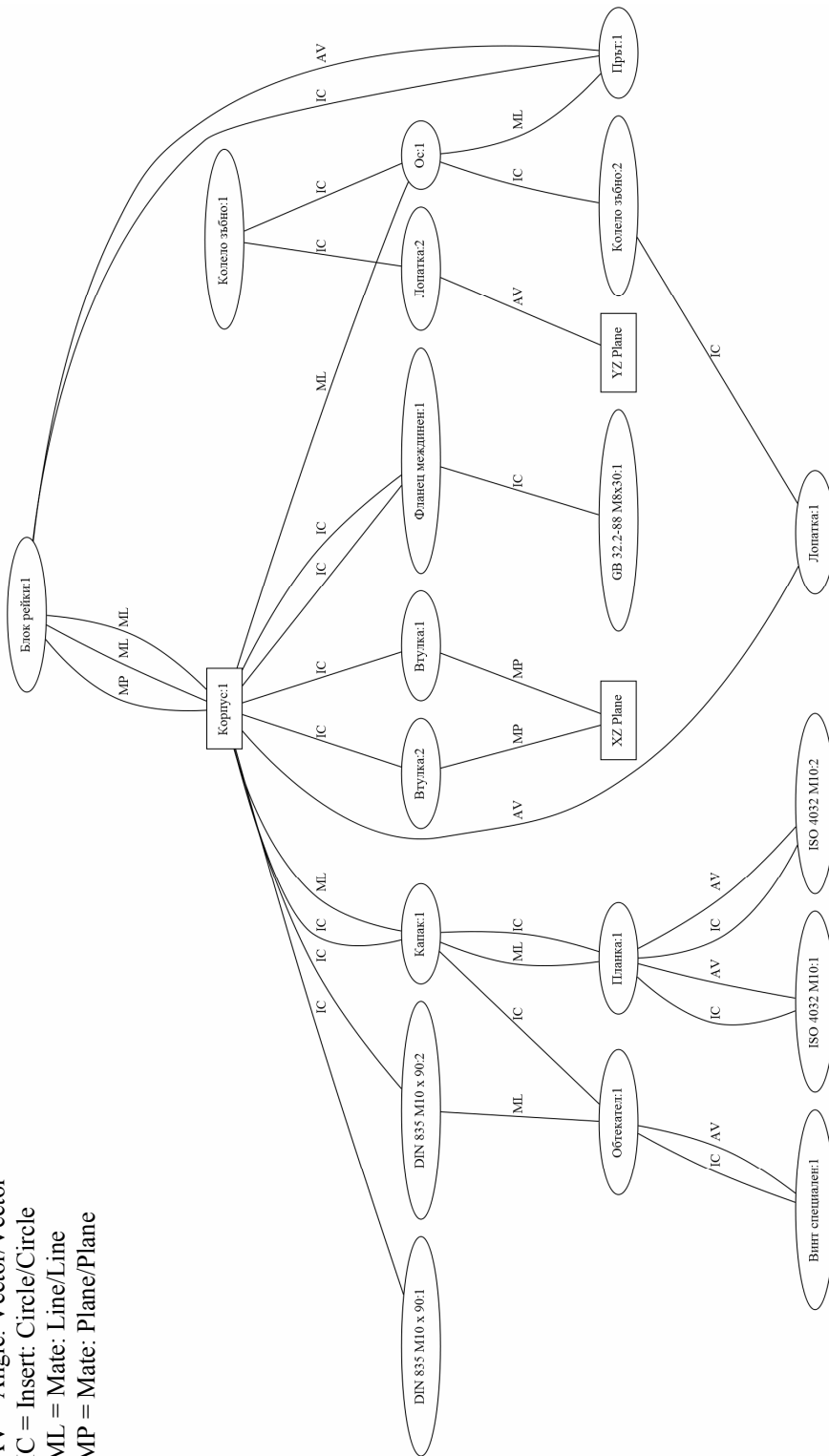
3) На ниво „ 0 ” макросът M_k^0 включва всички фиксирани в CAD модела детайли, които имат само основни бази.

4. ИЗВОДИ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В CAD модел на сглобена единица липсва информация за базирането на детайлите. В настоящата работа е илюстрирано, как с помощта на метода на структурна рекурсия от наличната информация за наложените геометрични ограничения може да се определи кои от повърхнините на детайл изпълняват ролята на основни бази и кои – на спомагателни бази. Възстановяването на информацията за базирането на детайлите е полезно в две направления:

- позволява да се извършва инженерен анализ на структурата на сглобената единица;
- позволява опростяване на CAD модели на големи сглобени единици, като улеснява отстраняване на наложени излишни геометрични ограничения.

AV = Angle: Vector/Vector
 IC = Insert: Circle/Circle
 ML = Mate: Line/Line
 MP = Mate: Plane/Plane



Фиг.4 Графична визуализация на структурата на 3D модела на сглобена единица „Винт корабен“ [2]
 (с правоъгълник са означени фиксираните елементи)

Литература

1. **Балакшин Б. С.**, Основы технологии машиностроения, М., Машиностроение, 1982.
2. **Горанов П., А. Стоев**, Графична визуализация на структурата на CAD модел на сглобена единица, Шеста научно-техническа конференция с международно участие "Машинознание и машинни елементи" София, 4-6 ноември 2010, Сборник доклади, стр.213 218, ISSN:1314 040X.
3. **Тодорова Е., А. Стоев, П. Горанов**, Подход за описание на структурата на механична сглобена единица в интегриран CAD/CAM модел, МАШИНОСТРОЕНИЕ&електротехника, г.54(2005), №9, научен брой, стр.84 89.
4. **Braha Dan, Reich Yoram**, Topological structures for modeling engineering design processes, Research in Engineering Design, 2003, Vol. 14 Issue 4, p185-200.
5. **Hicks B. J.; Culley S. J.**, An integrated modelling environment for the computer-based embodiment of engineering systems with standard components, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers - Part B - Engineering Manufacture, 2004, Vol. 218 Issue 2, p159-169.
6. **Štorga Mario, Pavković Neven, Dorian Marjanović**, Computer aided product structure design, International design conference – Design 2000, Dubrovnik, May 23-26, 2000, pp. 359-364.
7. **Stoev A., E. Todorova, P. Goranov**, Integrated structure-parametrical descriptions of mechanical products based on object-oriented geometrical models, The 2nd international conference "Challenges in Higher Education and Research in the 21st Century", June 2-5, 2004, Sozopol, Bulgaria, pp.138-142.

APPLICATION OF THE METHOD OF STRUCTURAL RECURSION FOR ANALYSIS OF CAD ASSEMBLY MODEL

Petar GORANOV¹ Atanas STOEV²

¹Fundamentals and Techniques of Design department, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: pvgor@tu-sofia.bg

²Fundamentals and Techniques of Design department, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: atstoev@tu-sofia.bg

Abstract: Method of structural recursion was developed for the synthesis of the topology of the mechanical device, provided that the structural scheme is loaded with additional engineering information including basing schemes of the details, according to Theory of basing. This work discusses the application of this method for analysis of the CAD model of assembled unit.

In the model of the assembled unit is missing information for the basing of parts. The method of structural recursion allows from the information available to the imposed geometric constraints to determine which of the workpiece surfaces act as main bases, and which - ancillary facilities. Recovery of the information to basing of details allows to perform engineering analysis of the structure of the assembled unit. On the other hand the determination of basing surfaces of each detail is a prerequisite to be able to carry out simplification of CAD models.

Keywords: method of structural recursion, structure of the mechanical device, CAD model

АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ НА РАЗЛИЧНИ МАРКИ МОТОКАРИ ОТ ГЛЕДНА ТОЧКА НА МАСОВИЯ ИМ КОЕФИЦИЕНТ

Алекси НИКОЛОВ

катедра „Инженерна логистика, подемно-транспортна и строителна техника”, Технически университет - София,
България

e-mail: alexi.nicolov@gmail.com

Резюме: В настоящата статия е направено сравнение между различни марки мотокари от гледна точка на масовия коефициент на машините и по този начин да се даде една друга перспектива по отношение на тяхната конкурентноспособност и ефективност. Извършен е общ преглед на основните количествени и качествени параметри, които оказват влияние върху избора на кари. Наблегнато е на третата група параметри - относителните и по-конкретно на масовия коефициент, като е направено сравнение между коефициента на различни марки и модели мотокари с център на тежест извън опорите с товароподемност 2500 кг и височина на подем между 4300 и 5000 мм, произведени след 2000 г. Разгледано е влиянието на масата на машините върху енергийната им ефективност.

Ключови думи: логистика, логистична техника, мотокари, масов коефициент

1. ПАРАМЕТРИ НА МОТОКАРИ

В съвременните условия на развита конкуренция между фирмите-производители на мотокари клиентите имат възможността да избират между голямо разнообразие от машини, и да се сдобият с тези, които отговарят максимално на техните нужди. От своя страна тази конкуренция между фирмите обуславя стремеж към предлагането на възможно най-добрата продукция на възможно най-добрата цена, т.е. търси се повишаване конкурентноспособността на машините посредством създаване на нови технологии, използването на нови материали, оптимизация на параметрите на машините и др. Един основен начин за постигане на конкурентноспособността е чрез управление на качеството на логистична система [4], което налага избор на подходяща логистична техника, в това число и мотокари.

При избора на подходящи мотокари за нуждите на производството или складова база следва първоначално да се получат отговорите на следните 6 въпроса [6]:

1) Товари с каква маса и размери ще бъдат транспортирани?

Важно е да се подберат такива кари, които да могат да обработват товарите, пристигащи или експедираны от склада без това да налага намирането на подходяща машина от другаде като по този начин да се накъсва работния процес и да

доведе до загуби за предприятието. От друга страна по-голям капацитет означава по-висока цена и за тази цел се търси оптимален вариант.

2) На каква височина ще се налага да се повдигат товарите?

3) Дали карът ще се използва в покрити или открити помещения или и двете?

В закрити помещения не бива да се използват мотокари тъй като отделяните от тях газове са отровни и при по-продължителна работа могат да застрашат сериозно здравето на работниците.

4) Каква е ширината на работните коридори?

Ще могат ли избраните машини да взимат завоите без да се създава опасност от сблъсъци и дали ще могат да маневрират и обръщат посоката на движение без да се налага да заобикалят стелажите, което би довело до увеличаване на времето на работния цикъл, а съответно и разходите.

5) По колко часа на ден ще бъдат използвани?

6) Нови или употребявани машини, на лизинг или в брой?

Това е въпрос, чието решение зависи изцяло от инвестиционната политика на компанията и по-точно, дали тя би предпочела да вложи повече средства като първоначална инвестиция, но с по-ниски експлоатационни разходи за машините или точно обратното.

Тези въпроси обуславят избора на конкретните параметри на мотокарите. Основните параметри, могат да се разделят на три вида – количествени, качествени и относителни [2].

Количествените параметри са параметри, определящи работната ефективност на машините, а оттам и икономическата. Някои от тези параметри са: товароносимост, височина на подем, скорост на подем и спускане, скорост на движение, радиус на завой, габаритни размери и други. Не на последно място се взема предвид и цената на машината.

Друга група параметри на складовите машини са така наречените качествени параметри. Те са със второстепенна роля, но следва да им се обърща внимание при избора на кари, тъй като тяхното влияние е значително в по-дългосрочен план – с пневматични или еластични гуми, вид двигател (дизелов, газов или бензинов), системи за сигурност и безопасност, вид скоростна кутия и др.

2. ВЛИЯНИЕ НА МАСОВИЯ КОЕФИЦИЕНТ ВЪРХУ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТТА И ЕНЕРГИЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ НА МАШИНИТЕ

С оглед на съвременните тенденции за така наречената „зелена политика“ на фирмите, т.е. да се търси по-ниска консумация на енергия в работата на компаниите, следва да се обърне внимание на енергоемкостта на машините при избор на логистична техника.

Според направените изследвания в тази област [7] при мотокарите с товароподемност 2000-2500 кг. и при цикли със средно натоварване, за получаването на 1 kWh енергия изходна мощност се изразходват между 0,61 и 0,98 л гориво, като между 12 и 24% от тази получена енергия отива за преодоляване на съпротивления – при движение, при подем, на двигателя и други - фиг.1



фиг.1 Съотношение между полезна енергия и енергия за преодоляване на съпротивления при мотокари

Известно е, че сумарното съпротивление при движение на карите $W_{общо}$ може да се изрази като сума от няколко компонента – фиг. 2:

$$W_{общо} = W_{лаг} + W_{търк} + W_{накл} + W_{ветр}$$

където:

- $W_{лаг}$ е съпротивлението в лагерите на колелата и:

$$W_{лаг} = \mu(Q + G) \left(\frac{d}{D} \right)$$

където:

- μ - коефициент на триене;
- Q – полезен товар на машината, N;
- G – собствено тегло на машината, N;
- d – диаметър на лагера на колелото, m;
- D – диаметър на ходовото колело, m.

- $W_{търк}$ е съпротивление при търкаляне и

$$W_{търк} = k(Q + G) \left(\frac{2}{D} \right)$$

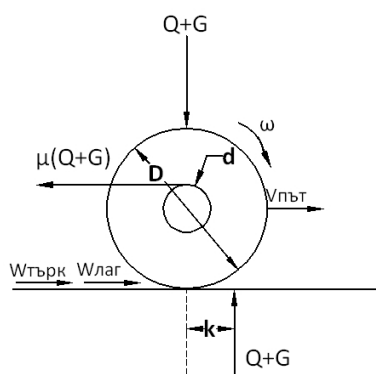
където:

- k – коефициент на триене при търкаляне;
- $W_{накл}$ е съпротивлението на наклона на пътя и

$$W_{накл} = (Q + G) \sin \alpha$$

където α е наклонът на повърхността.

- $W_{ветр}$ е съпротивление от вятър



фиг.2 Съпротивления при движение на мотокари

Както се вижда от горните уравнения, основните съпротивления при пътуване на карите зависят пряко от собственото тегло на машината G . Оттук можем да заключим, че при една и съща товароносимост, машините с по-малка маса ще изразходват по-малко енергия за преодоляване на съпротивления, следователно ще са по-енергийно ефективни. Проучванията, направени в настоящата статия показват, че при една и съща товароносимост, могат да съществуват разлики в собствените маси на машините между 0,1 и 35%, в зависимост от модела и годината на производство.

Основен параметър, характеризиращ енергийната ефективност на машините, а оттам и тяхната конкурентноспособност е масовият им коефициент K_m [1].

$$K_m = \frac{Q}{G}$$

където:

Q – товароносимостта на машината

G – собствена маса на машината.

Тенденцията към увеличаване на масовия коефициент е една добра предпоставка за създаване на по-енергийно ефективни, съответно по-конкурентноспособни машини.

Разкриването на бъдещите тенденции в развитието на масовия коефициент при мотокарите (определен модел), като един от най-важните

обслужващи инструменти в областта на логистиката и преценката на влиянието му при проектиране на нови конкурентноспособни модели е извършено в [2]. Един от начините за проследяване развитието на продуктите чрез прогнозиране е посредством използването на „Емоционалния модел за прогнозиране“ като независимо неговата простота може да се каже, че е много удобен за извършване на такова проследяване. Такъв експериментален модел е разгледан в [5]. В [3] е развит и описан подход за оптимизиране на логистична система в WEB среда.

3. ЦЕЛ НА СТАТИЯТА

Целта на настоящата статия е да се направи сравнение между различни марки мотокари от гледна точка на масовия коефициент на машините и по този начин да се даде една друга перспектива по отношение на тяхната конкурентноспособност и ефективност.

За целта са събрани данни от множество каталози, брошури, проспекти, интернет сайтове на производители, борси за продажба на употребявана техника. Съвкупността от данни е подредена в таблица, сортирана по марки машини и тяхната товароносимост и за всяка една марка е изчислен средният масов коефициент. Обект на разглеждане в настоящата статия ще бъдат мотокари, произведени след 2000 г. с товароносимост от 2500 кг с височина на подем между 4300 и 5000 мм като най-широко използван вид машини.

3. ПРОУЧВАНИЯ И АНАЛИЗ НА ДАННИТЕ

Направено е сравнение между някои от водещите марки на Българския и световния пазар [8]: Jungheinrich, Komatsu, Linde, Manitou, Mitsubishi, Nissan, Caterpillar, Toyota, Yale.

Данните за този тип машини се съдържат в таблица 1.

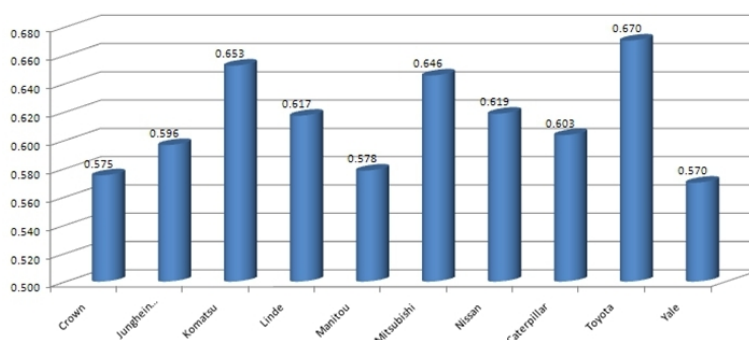
табл.1 Параметри на мотокари

Марка	Модел	Година	Товароносимост	Тара	Масов коефициент	Среден масов коефициент
Crown	C5 1050-50	2011	2500	4281	0.584	0.575

Алекси НИКОЛОВ

	C5 1000-50	2011	2500	4415	0.566	
Jungheinrich	DFG425	2009	2500	4290	0.583	0.596
	DFG25BS	2005	2500	4180	0.598	
	TFG25 BK	2004	2500	4220	0.592	
	DFG425s	2010	2500	4080	0.613	
Komatsu	FD25T-10	2005	2500	3645	0.685	0.653
	FG28HT-16	2009	2500	4035	0.620	
	FD28T-16	2009	2500	4050	0.617	
	FG25T-12	2000	2500	3360	0.744	
	FG25T-14	2002	2500	3970	0.630	
Linde	H25 T-03	2000	2500	4390	0.569	0.617
	H25T	2001	2500	4650	0.538	
	H25T	2006	2500	3565	0.701	
	H 25 T-457	2007	2500	4500	0.556	
	H25CT-600	2007	2500	3905	0.640	
	H25 D	2009	2500	3575	0.699	
Manitou	ME 425	2006	2500	4285	0.583	0.578
	CD 25	2007	2500	4141	0.604	
	MH-25-4 T-Buggie	2004	2500	4560	0.548	
Mitsubishi	FD25	2006	2500	3950	0.633	0.646
	FD25	2000	2500	4060	0.616	
	FD25N	2008	2500	4400	0.568	
	FG25N	2010	2500	3610	0.693	
	FGC25N	2009	2500	3700	0.676	
	FD25N	2009	2500	3720	0.672	
	FD25K	2003	2500	3800	0.658	
	FG-25 K	2000	2500	3730	0.670	
	FG25	2000	2500	4050	0.617	
	FD25T	2008	2500	3820	0.654	
Nissan	EF02M25	2001	2500	3720	0.672	0.619
	MP1F2A25L V	2008	2500	3550	0.704	
	Y1D2A25Q	2011	2500	4340	0.576	
	MCP1F2A28 LV	2008	2500	3610	0.693	
	FGJ02A30	2003	2500	4762	0.525	
	MYGL02A0V	2006	2500	4783	0.523	

	MYGL02A0V	2007	2500	4540	0.551	
	MYGL02A25 V	2007	2500	3540	0.706	
Caterpillar	DB 25 K	2004	2500	4570	0.547	0.603
	DP 25K	2001	2500	3700	0.676	
	DP 25N	2004	2500	4020	0.622	
	DP25 N	2005	2500	4020	0.622	
	P6000	2008	2500	4989	0.501	
	gp25n	2005	2500	3970	0.630	
	DB 25 K	2004	2500	4570	0.547	
	DP25K	2003	2500	3850	0.649	
	DP25 K	2000	2500	3920	0.638	
Toyota	7FBEF25	2007	2500	3665	0.682	0.670
	52-8FD25	2007	2500	3960	0.631	
	02-8FD25	2011	2500	3340	0.749	
	02-7FDF25	2003	2500	3650	0.685	
	02-7FDF25	2005	2500	4160	0.601	
	02-8FDF 25	2008	2500	3600	0.694	
	02-8FGF25	2008	2500	3560	0.702	
	62-7FG25	2000	2500	4040	0.619	
Yale	GDP 25 TF-H	2002	2500	4185	0.597	0.570
	GDP30VX	2006	2500	4505	0.555	
	GDP25TF	2003	2500	4180	0.598	
	GDP25VX	2008	2500	5050	0.495	
	GDP25VX	2006	2500	4370	0.572	
	GDP060TGE UAE087	2004	2500	4535	0.551	
	GDP25VX	2005	2500	4030	0.620	



фиг.3 Среден масов коефициент на мотокари според марката

Данните от таблицата могат да се представят графично. Това е направено във фиг.3.

В класацията по обем на продажбите за 2009/2010 г тези марки заемат следните позиции:

табл.2 Масов коефициент на мотокари според позицията им в класацията по продажби

Марка	Позиция в класацията	Среден масов коефициент	Държава
Toyota	1	0.670	Япония
Linde	2	0.617	Германия
Jungheinrich	3	0.596	Германия
Crown	4	0.575	САЩ
Yale	5	0.570	САЩ
Mitsubishi	6	0.646	Япония
Caterpillar	6	0.603	САЩ
Komatsu	7	0.653	Япония
Nissan	9	0.619	Япония
Manitou	14	0.578	САЩ

Анализът показва, че карите Toyota освен на първо място по продажби, предлагат и най-висок масов коефициент измежду изброените марки, докато Manitou от изброените е последен в класацията и съответно с един от най-ниските масови коефициенти (0,578).

4. ИЗВОДИ

Неслучайно Toyota е най-големият доставчик на вилкови повдигачи в световен мащаб за 9-та поредна година (за САЩ – 9-а поредна година, за Япония – за 45-а поредна година) [13]. Успехът на компанията се дължи на редица фактори. Нейна основна политика е да може да предложи на своите клиенти цялостно логистично обслужване. Огромен напредък в това отношение е постигнат през 2006 когато Toyota се слива с ВТ – водещ производител на складово оборудване като ричтраци, влекачи, платформи (под марката AICHN) и други.

Освен с производство и продажби, Toyota се стреми да задоволи нуждите на своите клиенти и с други услуги като гаранционен и следгаранционен сервиз, продажба на употребявано оборудване, доставка на резервни части, управление на машинни паркове, и дори финансиране. Цялата тази съвкупност от услуги, предоставени „на

едно място” подпомага Toyota да заеме челното място по продажби в света.

Друг важен аспект от политиката на компанията е стремежът за повишаване на екологичността на машините. В докладите на Toyota се посочва, че техните машини отговарят на екологични норми, които предстои да влязат в сила дори и няколко години напред. С пускането на GENEО (8-серия в САЩ; Tonеgо в Европа) Toyota предприема една по-активна зелена политика и стремеж към намаляване на вредните емисии, отделяни от мотокарите. Разработват се и хибридни модели, както и такива с горивни клетки.

Не на последно място трябва да се спомене и безопасността при работа. Всички последни модели на Toyota са снабдени със система SAS (System of Active Stability), която постоянно следи работата на машината посредством 10 сензора и когато сенсалага, предприема коригиращи действия.

Друг интересен извод, който може да се направи е, че измежду изброените марки четирите с най-висок масов коефициент, а именно Toyota, Komatsu, Mitsubishi и Nissan, са японски. Това в никакъв случай не е учудващо, имайки предвид, че Япония е лидер в световен аспект по отношение на качество на произведените продукти не само в машиностроенето, но също така в автомобилостроенето, електрониката и други. От друга страна говори за това, че останалите световни производители на кари следва да насочат повече усилия в намаляване на собствената маса на своите продукти като основен фактор за тяхната конкурентноспособност и енергийна ефективност.

Литература

1. **Казаков Н., Николов А.** Прогнозиране параметрите на логистична техника. София, Българско списание за инженерно проектиране №5, 2010.
2. **Казаков Н., Николов А.** Прогнозиране на масовия коефициент при мотокарите. София, Българско списание за инженерно проектиране, №6, 2010
3. **Казаков Н, Туджаров Б.** Един рационален подход за оптимизиране на логистична система в Web среда. София, ИНДУСТРИАЛЕН МЕНИДЖМЪНТ, №2, 2009.
4. **Николова И, Казаков Н.** Управление на качеството в логистичните системи. София, Стандартизация-Европейска интеграция – потребители – 2001, Октомври 2001

5. **Tudjarov B., Kazakov N., Panov V., Penchev V.** Development of the Products - Monitoring and Forecasting based on Emotional Model. Bosnia and Herzegovina, University in Tuzla, Faculty of Economics in Tuzla - International Conference "How to Manage in Time of Crisis, November 26-28, 2009
6. **Wade N.** How to Choose the Forklift That's Right For You, Ezinearticles. 1 June, 2010
7. **Gaines L.L., Elgowainy A., Wang M.Q.** Full Fuel-Cycle Comparison of Forklift Propulsion Systems, Center for Transportation Research, Argonne National Laboratory, October 2008
8. **Rogers L.K.** Top 20 lift-truck suppliers, Modern Materials Handling, August, 2010
9. www.equipmentlisting.com – посетен октомври 2011
10. www.forklift-ru.com/eu/ – посетен октомври 2011
11. www.repolift.com – посетен октомври 2011
12. www.russellequipment.com – посетен октомври 2011
13. www.toyota-forklifts.eu/en/News/Reports – посетен октомври 2011

ANALYSIS AND COMPARISON OF DIFFERENT BRANDS OF ICE FORKLIFTS IN TERMS OF THEIR MASS COEFFICIENT

Alexi NICOLOV

Department „Engineering Logistics, Material Handling, Building and Roadbuilding Machines”, Technical University – Sofia, Bulgaria

e-mail: alexi.nicolov@gmail.com

Abstract: In this paper a comparison between different brands of trucks in terms of their mass coefficient is made and thus giving another perspective regarding their competitiveness and efficiency. An overview of the main quantitative and qualitative parameters that influence the choice of trucks has been made. The emphasis is on the third group of parameters - the relative and in particular the mass coefficient as a comparison between the coefficient of different brands and models of trucks with a center of gravity outside the supports, with a loading capacity of 2500 kg and lifting height between 4300 and 5000 mm, produced after year 2000 has been made. The influence of the mass of the machines on their energy efficiency has been examined.

Keywords: logistics, logistics equipment, ICE forklifts, mass coefficient