

Българско списание за Инженерно ПРОЕКТИРАНЕ

брой №17, януари 2013г.

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

М.Т.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.П.Петров	ТУ-София, България	В.Лepadatescu	Transilvania University of Brashov, Romania
В.Панов	ТУ-София, България	Н.Zrnic	University of Belgrad, Serbia
М.З.Георгиев	ТУ-София, България	М.Jovanovic	University of Nish, Serbia
Ст.Карапетков	ТУ-София, България	Д.Michalopoulos	University of Patras, Greece
Б.Туджаров	ТУ-София, България	Н.Kubota	Tokyo Metropolitan University, Japan
М.Вичева	ТУ-София, България	С.Емельянов	Юго-Западный гос. университет, Курск, Россия
Н.Л.Николов	ТУ-София, България	Л.Червяков	Юго-Западный гос. университет, Курск, Россия
М.Георгиев	МГТУ Станкин, Москва, Россия	Ch.Apostolopoulos	University of Patras, Greece
В.Христов	ЮЗУ „Н.Рилски” Благоевград, България		

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 №17, january 2013

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

M.T.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.P.Petrov	TU-Sofia, Bulgaria	B.Lepadatescu	Transilvania University of Brashov, Romania
V.Panov	TU-Sofia, Bulgaria	N.Zrnic	University of Belgrad, Serbia
M.Z.Georgiev	TU-Sofia, Bulgaria	M.Jovanovic	University of Nish, Serbia
St.Karapetkov	TU-Sofia, Bulgaria	D.Michalopoulos	University of Patras, Greece
B.Tujarov	TU-Sofia, Bulgaria	N.Kubota	Tokyo Metropolitan Univer- sity, Japan
M.Vicheva	TU-Sofia, Bulgaria	S.Emelianov	South West State University, Kursk, Russia
N.L.Nikolov	TU-Sofia, Bulgaria	L.Cherviakov	South West State University, Kursk, Russia
M.Georgiev	MGTU Stankin, Moscow, Russia	Ch. Apostolopoulos	University of Patras, Greece
V.Hristov	SWU „N.Rilski” Blagoevgrad, Bulgaria		

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

Vision-based line following control for a differential-drive mobile robot..... P.Petrov	7
Сравнително изследване на технологиите за бързо изработване на прототипи и бързо изработване на формообразуващи инструменти А.Боцевска, Г.Тодоров, Т.Нешков	13
Кинематика в 3D пространството на механичен модул с цилиндрична и сферична става..... В.Славов	21
Използване на генетични алгоритми за оптимизиране работата на адаптивен механизъм за агрегиране с предаване на фрагменти В.Христов, Б.Гуджаров	25
Методика за оценяване на конкурентността на логистична техника при прогнозирането и..... А.Николов, Н.Казаков	33
Кинестатика и КПД на трансмисия съставена от затворен диференциален зъбен механизъм и фрикционен вариатор..... К.Стоичков, Я.Софронов	39
Experimental research of roughness variation of high concentrated ceramic alumium oxide on circular cutting in abrasive jet machining technology..... H.Bulea	45
Методика за оценка на качеството на комфорт при пътуване с асансьори..... К.Чучуганов, Г.Илиев	49
Анализ на риска от авария на подвижен кулакран с невъртяща се кула причинена от технически неизправности..... К.Радлов	53
Анализ на литературните разработки в областта „Разполагане на обекти” в Китай..... Н.Казаков	59
Об одном свойстве плоского трехзвенного манипулятора..... П.Побегайло	67
Метод „Изследване на формули” за концептуално проектиране на технически обекти..... М.Лепаров	73
Lean manufacturing approach in the optimization of several processes of tooling and equipment provisioning, maintenance and utilization in a company for maintenance, repair and	

overhaul of aircrafts	87
K.Atanassova	
Scanners – how to ensure accurate color rendering and measurements of printed test targets from color printers	95
V.Kamenov, V.Ivanov	
Contemporary WEB technologies, freedom and open innovation	101
B.Tudjarov	
ICC printer profiles research with Color Think Pro software as a method for color management education	109
V.Kamenov, V.Ivanov	
Метод на картографиране за конвертиране на тримерни параметрични модели от различни CAD системи в Catia V5	113
Ф.Вълчкова	
Принудени пространствени трептения на едновъжен кабинков лифт, породени от вятър	121
В.Ахчийски	
Mathematical studies applied in ball bearings reliability analysis	125
C.Buzatu, B.Lepadatescu, I.Enescu	

CONTENTS

Vision-based line following control for a differential-drive mobile robot.....	7
P.Petrov	
Comparative study of rapid prototyping and rapid tooling technologies.....	13
A.Bocevska, G.Todorov, T.Neshkov	
Kinematics in 3D space of mechanical module with cylindrical and spherical joint.....	21
V.Slavov	
Using genetic algorithms to optimize the performance of adaptive mechanism for aggregation with fragment retransmission	25
V.Hristov, B.Tudjarov	
Methodology for evaluation of the competitiveness of logistics equipment within it's forecasting...	33
A.Nikolov, N.Kazakov	
Forces analysis and mechanical efficiency of transmission mechanism including C.V.T and tooth differential mechanism.....	39
K.Stoichkov, Y.Sofronov	
Experimental research of roughness variation of high concentrated ceramic alumium oxide on circular cutting in abrasive jet machining technology.....	45
H.Bulea	
Assesment method of lift ride quality.....	49
K.Chuchuganov, G.Iliev	
Risk analysis of failures with traveling tower crane with non-rotating tower caused by technical damages.....	53
K.Radlov	
Analysis of research work in the "Logistics location" in China.....	59
N.Kazakov	
About one property of the planar three link manipulator.....	67
P.Pobegailo	
Method "Examination of formulas" for conceptual design of technical objects.....	73
M.Leparov	
Lean manufacturing approach in the optimization of several processes of tooling and equipment provisioning, maintenance and utilization in a company for maintenance, repair and overhaul of aircrafts.....	87
K.Atanassova	
Scanners – how to ensure accurate color rendering and measurements of printed test targets	

from color printers	95
V.Kamenov, V.Ivanov	
Contemporary WEB technologies, freedom and open innovation	101
B.Tudjarov	
ICC printer profiles research with Color Think Pro software as a method for color management education	109
V.Kamenov, V.Ivanov	
Methodology for 3D parametrical models exchange from different CAD systems to Catia V5	113
F.Valchkova	
Spatial forced oscillations on monocable gondola lift, caused by wind	121
V.Ahchiyski	
Mathematical studies applied in ball bearings reliability analysis	125
C.Buzatu, B.Lepadatescu, I.Enescu	

VISION-BASED LINE FOLLOWING CONTROL FOR A DIFFERENTIAL-DRIVE MOBILE ROBOT

Plamen PETROV

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

e-mail: ppetrov@tu-sofia.bg

Abstract: This paper proposes a vision-based line following controller for a differential-drive mobile robot. First, a kinematic model of the robot suitable for path following applications is derived. A feedback control, which achieves local asymptotic stability of the nonlinear closed-loop system is designed and analysed. A camera model and the perspective point transformations are given. A line detection algorithm based on Hough transform is used in order to extract the position and orientation of the robot with respect to a detected reference line in the task space.

Keywords: Differential-drive wheeled mobile robot, kinematic model, line detection, vision-based control

1. INTRODUCTION

In more than three decades, there has been an increasing interest in wheeled mobile robots for industrial [1], public [2, 3], and scientific [4] applications. One of complexity in achieving autonomous navigation of mobile robots is the information for their environments, which must be obtained in real time from sensor systems. The use of visual information is an attractive solution and the visual servoing is a field of extensive research. In indoor applications, computer vision is often used for precise localization and especially, by using landmarks indicating a desired trajectory, which should be tracked [5]. Numerous image processing algorithms for detecting lines in the task space from data provided by cameras are reported in the literature, such as in [6, 7, 8]. In this paper, we consider the problem of controlling the motion of a nonholonomic differential-drive mobile robot Pioneer-3DX (Fig.1), based on the information obtained from a monocular camera mounted on the robot. More specifically, we consider a straight-line following control task. We design a feedback control which achieves local asymptotic stability of the nonlinear closed-loop system. A line detection algorithm based on Hough transform [9] is used in order to extract the position and orientation of the robot with respect to a detected reference line in the task space. The rest of the paper is organized as follows: In Section 2, a kinematic model of the robot in error coordinates is derived. In Section 3, the proposed controller and stability analysis is presented. The camera model, the perspective point transformations,

and the line detection algorithm are described in Section 4. Conclusions are given in Section 5.



fig.1 The differential-drive wheeled mobile robot Pioneer-3DX equipped with a camera

2. KINEMATIC MODEL

A plan view of the differential-drive wheeled mobile robot considered in this paper, is shown in Fig. 2. The kinematic scheme of the robot consists of platform with two independently driven wheels mounted on the same axle and one free wheel (caster). The wheels of the robot are assumed to roll without lateral sliding. The coordinates of point P , which is located at the centre of the wheel axle, with respect to an inertial frame F_{xy} , are denoted by (x_P, y_P) . The angle θ is the orientation angle of the robot with respect to F_{xy} . Two coordinate frames $Px_Py_Pz_P$ and $Dx_Dy_Dz_D$ are attached firmly to the robot at points P and D , respectively, in such way, that the x -axes are

parallel to the longitudinal axis of the robot, and the z -axes are perpendicular to the ground. The centre of the coordinate system $Dx_Dy_Dz_D$ is at distance h from the ground. A monocular camera is placed in front of the mobile in such way that the camera optical axis is perpendicular to the surface of motion and the origin of the camera frame coincides with the centre of the coordinate system $Dx_Dy_Dz_D$. Its projection on the ground is at distance d ahead from the wheel axle. A reference trajectory is defined by a moving reference coordinate frame Rx_Ry_R such that the x_R axis is tangent to the desired path and oriented in the direction of motion to follow.

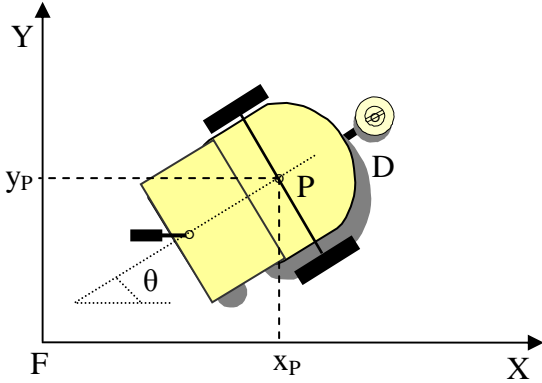


fig.2 Differential-drive wheeled mobile robot geometry

Since the mobile robot is moving on a horizontal plane, in that follows, for simplicity of exposition we will use a coordinate frame Px_Py_P instead of $Px_Py_Pz_P$, where it is possible. Using the coordinates (x_P, y_P) of the reference point P , the configuration of the system is described by three generalized coordinates

$$q = [x_P \quad y_P \quad \theta]^T \in \mathfrak{R}^3 \quad (1)$$

Let us denote by $p_P = [x_P \quad y_P]^T \in \mathfrak{R}^2$ the coordinates of point P with respect to the frame Fxy ; the coordinates of point D with respect to the frame Fxy by $p_D = [x_D \quad y_D]^T \in \mathfrak{R}^2$, and the orientation of PD with respect to Fxy by θ . If the vector $d_P^D = [d \quad 0]^T \in \mathfrak{R}^2$ is the vector from the origin of frame Px_Py_P to the origin of Dx_Dy_D , expressed in the coordinate frame Px_Py_P , then the coordinates of points D and P are related by

$$p_D = p_P + R_r d_P^D \quad (2)$$

where $R_r \in SO(2)$ is orthogonal matrix.

The coordinate frames Rx_Ry_R and Dx_Dy_D are defined to describe the error kinematics during the line tracking process. For this purpose, the coordinates and orientation of the frame Rx_Ry_R in the coordinate frame Dx_Dy_D can be expressed in the form

$$e = T(p_R - p_D) \quad (3)$$

where $e = [e_x \quad e_y \quad e_\theta]^T \in \mathfrak{R}^3$ is the error posture;

$$p_R = [x_R \quad y_R \quad \theta_R]^T \in \mathfrak{R}^3, \quad p_D = [x_D \quad y_D \quad \theta]^T \in \mathfrak{R}^3,$$

$$\text{and} \quad T = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

is a 3×3 invertible matrix.

Differentiating (3) with respect to time and taking into account equation (1), after some work the error kinematics for straight-line path following applications can be described as follows

$$\dot{\bar{e}} = f(\bar{e}) + g(\bar{e})u \quad (4)$$

Where $\bar{e} = [e_y \quad e_\theta]^T \in \mathfrak{R}^2$; $f(\bar{e}) = [v_x \tan e_\theta \quad 0]^T$

and $g(\bar{e}) = [-(e_y \tan e_\theta + d) \quad -1]^T$ are C^1 vector functions; v_x is the longitudinal components of the linear velocities of points P ; $u := \omega := \dot{\theta}$ is the angular velocity of the mobile robot and considered as control input, in this paper. We note that the angular velocities of the wheels are easily obtained from the linear and angular velocities of the robot by using algebraic relationships and are omitted in this paper, for brevity of exposition.

3. CONTROL DESIGN

The path following geometry used in this paper is represented in Fig. 2. Consider a differential-drive robot moving forward on a flat surface. We assume that the path \mathcal{C} is a straight line which for simplicity coincides with the Fx . In this section, we present a path following controller design for the differential-drive mobile robot described by the nonlinear system (4). We assume that the linear velocity v_x of the robot is positive and constant. In this case, using the parameterization (e_y, e_θ) and given a path \mathcal{C} , the path following problem consists of finding a feed-

back control law for the system (4) with control input u , such that the state vector $[e_y, e_\theta]^T$ tends to $[0, 0]^T$, as $t \rightarrow \infty$. We propose the following control law

$$u = k_y v_x e_y \quad (5)$$

where k_y is a positive constant. The closed-loop system has the form

$$\dot{\bar{e}} = m(\bar{e}) \quad (6)$$

where

$$m = \begin{bmatrix} v_x \tan e_\theta - k_y v_x e_y^2 \tan e_\theta - k_y d v_x e_y & -k_y v_x e_y \end{bmatrix}^T.$$

The point $\bar{e} = 0$ is an equilibrium point of the closed-loop system. The stability of the equilibrium point will be analyzed based on the stability of the linearization of (6) about the origin. We gave

$$\dot{\bar{e}} = M\bar{e} \quad (7)$$

where

$$M = \nabla m|_{\bar{e}=0}.$$

Let $V: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ be a C^1 scalar radially unbounded positive definite quadratic function of the state \bar{e} given by

$$V = \bar{e}^T V_1 \bar{e} \quad (8)$$

where

$$V_1 = \begin{bmatrix} 1/2 & 0 \\ 0 & (1/2)k_y \end{bmatrix}$$

is 2x2 diagonal matrix. The derivative of V results in

$$\dots \quad (9)$$

Using the LaSalle's invariant principle [10], it can be shown that the origin of the linearized system (7) is asymptotically stable. Indeed, from (9), it follows

$$\dot{V} = 0 \Rightarrow e_y \equiv 0 \Rightarrow \dot{e}_y \equiv 0. \quad (10)$$

Suppose that $\bar{e}(t)$ is trajectory that belongs to set $S: S = \{\bar{e} \in \mathbb{R}^2 \mid \dot{V} = 0\}$. From (7), it follows

$$(e_y \equiv 0) \cap (\dot{e}_y \equiv 0) \Rightarrow (e_\theta \equiv 0) \cap (\dot{e}_\theta \equiv 0) \quad (11)$$

Thus, $\bar{e} = 0$ is asymptotically (and also exponentially) stable equilibrium point for the linear system (7). Hence, based on the Indirect Method of Lyapunov [10], the origin $\bar{e} = 0$ is also a locally asymptotically stable equilibrium point for the nonlinear system (6).

Simulation results for the evolution in time of the error coordinates $\bar{e}(t)$ with initial conditions $\bar{e}(0) = [0.25 \ 0.1]^T$ for a rectilinear reference path

are depicted in Fig. 3. The control parameter k_y was chosen to be $k_y = 10$.

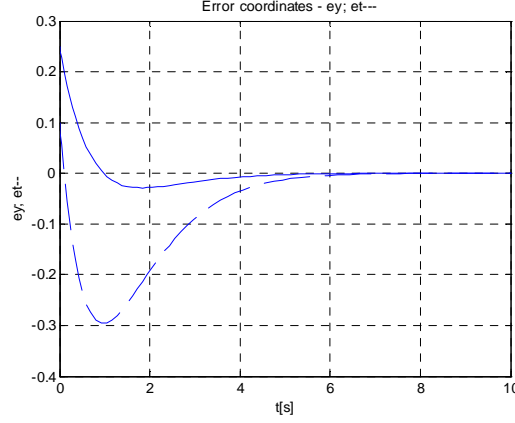


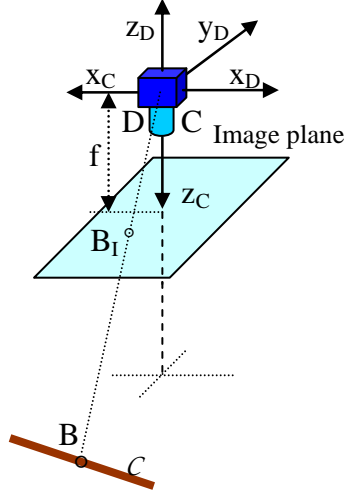
fig.3 Evolution in time of the error coordinates: e_y (solid line) and e_θ (dashed line).

4. LINE DETECTION AND ERROR POSTURE ESTIMATION

In this Section we describe the algorithm based on Hough transform for line detection, in order to extract the posture (position and orientation) of the robot with respect to the detected line in the task space by using data obtained from a monocular onboard camera. The camera is placed in front of the mobile robot and the origin of the camera frame $Cx_Cy_Cz_C$ coincides with the centre of the coordinate system $Dx_Dy_Dz_D$, at distance h from the ground. The optical axis of the camera is perpendicular to the surface of motion, as shown in Fig. 4. The focal length of the camera is denoted by f .

The geometric relationships between the onboard camera and a feature point from the reference line, is shown in Fig. 4. Let us denote the position of a feature point B on the reference line \mathcal{C} with respect to the camera frame by

$${}^C p_B = \begin{bmatrix} {}^C x_B \\ {}^C y_B \\ {}^C z_B \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^3. \quad (12)$$


fig.4 Camera configuration and coordinates frames

The corresponding pixel coordinates in the image plane are obtained as follows

$${}^I p_B = \begin{bmatrix} u_B \\ v_B \\ 1 \end{bmatrix} = \frac{1}{c z_B} T_C {}^C p_B \in \mathfrak{R}^3 \quad (13)$$

where the 3×3 invertible matrix T_C

$$T_C = \begin{bmatrix} f s_u & 0 & u_0 \\ 0 & f s_v & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (14)$$

is the so called intrinsic camera calibration matrix [11] and (s_u, s_v) are the camera scaling factors. In (14), the angle between the camera axes was set to be $\pi/2$. Using (13) and (14), the coordinates of point B in $Dx_D y_D z_D$ are obtained as follows

$${}^D p_B = \begin{bmatrix} {}^D x_B \\ {}^D y_B \\ {}^D z_B \end{bmatrix} = {}^C z_B R_y T_C^{-1} {}^I p_B \quad (15)$$

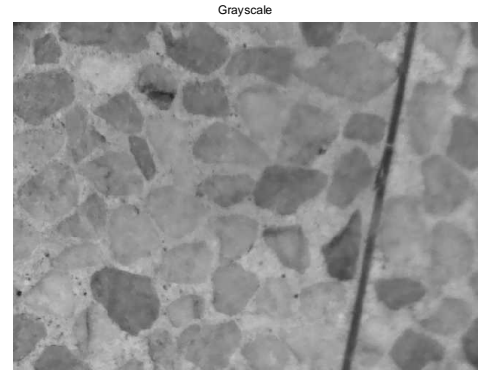
where $R_y \in SO(3)$ is a rotation matrix about the y_D axis by angle π and ${}^C z_B = h$. Thus, knowing the intrinsic camera parameters given by (14) together with the position and orientation of the camera with respect to the robot and the ground, and the coordinates of feature points from the reference line in the image space, by using (15), it is possible to extract the position of the robot with respect to a detected reference line in the task space.

We use the Hough transform to detect the reference line in the images obtained from the onboard camera. In the Hough transform, one involves a transformation of a line in Cartesian coordinate space to a point in polar coordinate space [9]. The method extracts the parameters of the line from its boundary points. In order to apply the Hough transform, in most cases an edge detection preprocessing step is desirable.

The procedure of isolating a line in an image from the robot's camera is illustrated by using the Image Processing Toolbox of Matlab software. A sample image acquired by the onboard camera with resolution of 640×480 pixels is shown in Fig. 5.


fig. 5 Original image captured by the camera

The color image is first converted in grayscale (Fig. 6).


fig. 6 The image in gray scale

After that, the Canny edge detector is used to identify edges in the image. The resulting image is shown in Fig. 7.

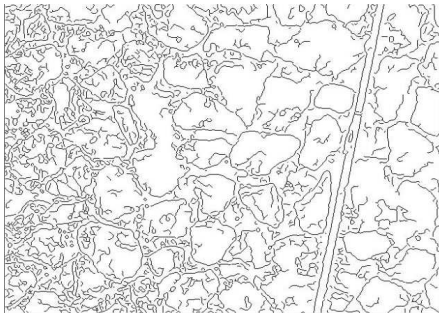


fig. 7 Canny edge detection

The Hough transform provides information about two parameters (θ , ρ) of the extracted line in polar coordinates, (Fig. 8). The accumulator space is given with θ as abscissa and ρ as ordinate.

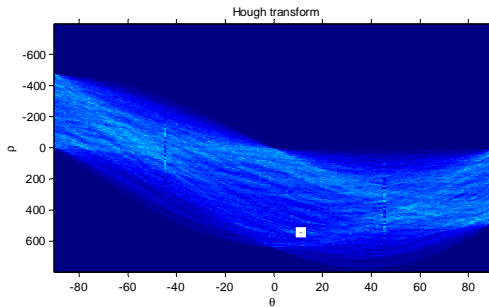


fig. 8 Hough space – (θ , ρ) of the extracted line

The dominant (detected) line is now found and automatically drawn into the original image (Fig. 9).



fig. 8 Line detection

The information which is obtained from the image for the isolated reference line is given in Fig. 10. The coordinates of the two boundary points in the image plane and (θ , ρ) have been calculated.

Field	Value	Min	Max
point1	[557,2]	2	557
point2	[465,478]	465	478
theta	11	11	11
rho	546	546	546

fig. 10 Information for the extracted line

Given the coordinates of the two reference points, the position of the mid point of the line with respect to the principle point in the image plane is easy calculated. After that, by using (15) the error coordinates of the robot in the task space are determined in order to implement the control law proposed in (5).

5. CONCLUSION

In this paper, a vision-based line following controller for a differential-drive mobile robot has been proposed. A kinematic model of the robot suitable for path following applications has been derived. A feedback control, which achieves local asymptotic stability of the nonlinear closed-loop system has been designed and analysed by using Lyapunov stability theory. A camera model and geometrical relationships between the camera and features on the reference line have been presented. A line detection algorithm based on Hough transform has been used in order to extract the position and orientation of the robot with respect to a detected reference line in the task space, in order to implement the proposed feedback control law.

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. Kelly A., Nagy B., Stager D., Unnikrishnan R., An infrastructure-free automated guided vehicle based on computer vision, IEEE Rob. Aut. Magazine, September, pp.24-34, 2007.
2. Blanc G., Mezouar Y., Martinet P., Indoor navigation of a wheeled mobile robot along visual routes, in Proc. IEEE Int. Conf. Rob. Automation, pp. 3365-3370, 2005.
3. Liu X, Xu X., Dai B., Vision-based long-distance lane perception and front vehicle location for full autonomous

- vehicles on highway roads, J. Cent. South University, (19), pp. 1454–1465, 2012.
4. **Cheng S., Trivedi M.**, Lane Tracking with Omnidirectional Cameras: Algorithms and Evaluation, EURASIP J. Embedded Systems, pp. 1-8, 2007.
 5. **Xinyu L., Matsuno F.**, Control of snake-like robot based on kinematic model with image sensor, in Proc. IEEE Int. Conf. Robot. Intell. Syst. Sign. Processing, pp. 347-352, 2003.
 6. **Borkar A., Hayes M., Smith, M.T.**, Polar randomized Hough transform for lane detection using loose constraints of parallel lines, in Proc. IEEE ICASSP, pp. 1037-1040, 2011.
 7. **Tian Y., Yang X., Arditi A.**, Computer vision-based door detection for accessibility of unfamiliar environments to blind persons, K. Miesenberger et al. (Eds.): ICCHP 2010, Part II, LNCS 6180, pp. 263–270, 2010.
 8. **Bronte S., Bergasa L., Alcantarilla P.**, Fog detection system based on computer vision techniques, in Proc. IEEE Intell. Transp. Systems, pp. 1-9, 2009.
 9. **Pratt W.**, Digital Image Processing, John Wiley & Sons, Inc., 2001.
 10. **Khalil H.**, Nonlinear systems, Macmillan, New York, 1992.
 11. **Malis E., Chaumette F.**, 2,5 visual servoing with respect to unknown objects through a new estimation scheme of camera displacement, Int. J. Comp. Vision, no.1, pp.79-97, 2000.

СРАВНИТЕЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТЕХНОЛОГИИТЕ ЗА БЪРЗО ИЗРАБОТВАНЕ НА ПРОТОТИПИ И БЪРЗО ИЗРАБОТВАНЕ НА ФОРМООБРАЗУВАЩИ ИНСТРУМЕНТИ

Андрияна БОЦЕВСКА¹ Георги ТОДОРОВ² Тодор НЕШКОВ³

¹катедра „Компютърни науки и инженерство”, Технически факултет – Битоля, Р. Македония
e-mail: abocevska@yahoo.com

²лаборатория „CAD/CAM/CAE в индустрията”, Технически университет - София, България
e-mail: gdt@tu-sofia.bg

³катедра „Автоматизация на дискретното производство”, Технически университет - София, България
e-mail: tlesh@tu-sofia.bg

Резюме: В този доклад е даден преглед на различните технологии за бързо изработване на прототипи както и сравнение на основните характеристики на компонентите получени чрез тези технологии. Характеристиките са свързани с грапавостта на повърхнината, точността на размерите и механичните свойства. Направена е класификация на популярните техники за формообразуващи инструменти и тяхното сравнение въз основа на трайността на инструмента, времето на развитие на инструмента и разходите за развитие на инструмента.

Ключови думи: прототипи, бързо прототипиране, бързо изработване на формообразуващи инструменти.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Съвременният глобален пазар се характеризира с безкомпромисна конкуренция и непрекъснато променящи се потребителски капризи. Това принуждава всеки производител на изделия да търси възможности за съкращаване на сроковете за проектиране и производство при възможно по-ниски производствени разходи. Един от начините за постигане на това е използването на технологиите за бързо прототипиране известни като Rapid Prototyping и Rapid Tooling. Натрупаният през последните години опит показва, че интегрирането на RP и RT технологиите в цикъла проектиране – производство на ново или модифицирано изделие неколкосткратно, а в отделни случаи многократно, съкращава този цикъл при постигане на високо качество. Особено съществено предимство е възможността много от дейностите при развитието на изделието да се реализират паралелно. RP/RT технологията е често пъти най-доброто възможно решение за производство не само на единични прототипи, но и на малки и средно големи серии на изделия със сложни външни свободно изкривени повърхнини и особено на такива със сложна вътрешна геометрия. Тази технология позволява времето за производство да се измерва не в седмици или месеци, а в часове и дни.

2. БЪРЗО ПРОТОТИПИРАНЕ

Техниките за бързо прототипиране (RP) са адитивни процеси. Компонентите се изграждат последователно в слоеве, докато се постигне крайната геометрия. Начина на изграждане на слоевете и прилагания материал съществено се различават между различните процеси.

Прилагането на технологиите за RP започва със създаването на 3D модел на прототипното изделие. При този процес може да се използва различна изходна информация. Създаденият 3D модел се конвертира в неутрален формат. Предпочитаният формат е STL, но може да се използват различни транслятори. Окончателно дефинираният 3D модел в STL формат се “нарязва” на слоеве чрез тънки успоредни напречни сечения, така че се образува физическия прототип от оригиналните CAD данни, (фиг.1).

Всяка технология има предимства и недостатъци, които трябва да бъдат подробно определени, преди да бъде избран RP процес. В противен случай може да бъде произведен част, която изцяло не отговаря на изискванията на потребителя.

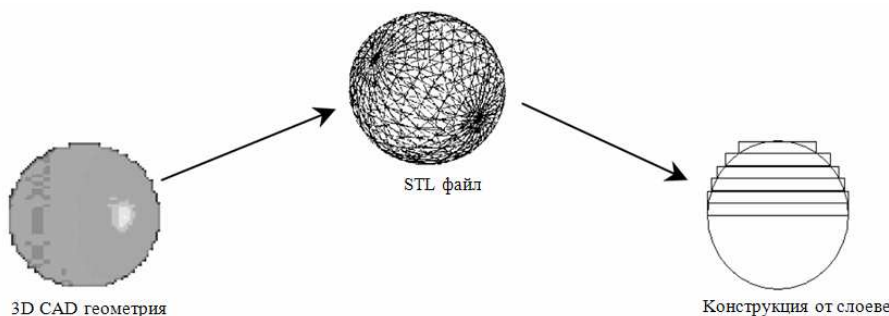
2.1 Прилагане на RP

Основно приложение:

Концептуални модели. В сравнение с конвенционалните производствени процеси техниките за бързо прототипиране позволяват бързо и

евтино изработване на прототипи на много сложни части. Това предоставя дизайнерския екип с възможност за проверка и модификация на прототипа в ранен етап. Дизайна може да бъде коригиран и модифициран преди вземане на

окончателното решение за производство. Частта получена чрез бързо прототипиране може да бъде прилагана като комуникационен инструмент не само за дизайнерския екип, но също така и за останалите отдели.



фиг.1 Принцип на създаване на прототип при RP технологията

- **Функционални или полу-функционални модели.** Някои процеси за бързо прототипиране позволяват създаването на напълно функционални части, ако съответното прилагане на частта не е много изисквателно. Частите получени с RP могат да бъдат приложени при асемблиране, както и да изпълняват функцията на финално произведен част на задоволително ниво. Въпреки това, много често полу-функционалните части са направени чрез използване на процеси за RP с материали, които често нямат адекватното физически свойства за окончателно приложение. Тези полу-функционални части могат да бъдат приложени за проверка на частите, лесно могат да бъдат сглобени или използвани за опитни изследвания, които разчитат само на геометрията на частта, а не на свойствата на материала.

- **Модели, образци.** Частите получени чрез RP могат да бъдат приложени като модели за производство на инструменти от силиконова гума за малко серийно производство на функционални части. Това се осъществява чрез леене под вакуум или като модели за еднократна употреба при леене по стопяеми модели, така RP части се унищожават по време на процеса. RP части също могат да бъдат приложени и като модели за леене в пясъчни форми.

- **Инструменти получени по директен начин.** За някои приложения, процесът на RP позволява производството на инструментите да

бъде направено директно, т.е. "меки" инструменти, които могат да бъдат приложени само за малко серийно производство и "твърди" инструменти за голямо серийно производство.

2.2 Видове методи за RP

Стереолитография (SLA). SLA е една от най-старите технологии на RP, която датира от средата на 1980 г. SLA може да бъде приложена за части със сложна геометрия и с повърхност на качество както и конвенционално обработените компоненти. SLA частите често са използвани като модели за производство на силиконови форми при леене под вакуум или леене на многокомпонентна термореактивна смес.

Предимства:

- Добра завършена повърхност;
- Лесно се получава сложна геометрия и
- Общо взето, има добра геометрична точност.

Недостатъци

- Необходими са допълнителни структури, които трябва да бъдат отстранени;
- Частите могат да се деформират, особено с акрилни смоли и
- Смолите са опасни и трябва внимателно обслужване.

Селективно лазерно синтеруване (SLS). Този метод позволява бързите прототипи да бъдат изработени от различни материали, така че по-

лу-функционални части могат да се получат директно. Частите които имат сложна геометрия могат да бъдат направени от прахообразен материал. Фактът, че се прилага прах като основен материал ограничава качеството на повърхността на финалната част. Производството на инструменти може да бъде пряко с прилагането на SLS частите, изработени от метален прах при процеса RapidTool.

Предимства

- Не е необходима допълнителна термична обработка на частите, освен ако те са керамични;
- Частите често могат да бъдат получени без допълнителни структури и
- Части от различен материал могат да бъдат получени директно.

Недостатъци

- Повърхността на частите е пореста и окончателната повърхност може да бъде пореста;
- Процесът на загряване и охлаждане на машината може да отнеме по-дълго време и
- Частите може значително да се деформират.

Изработване на делови чрез наслояване на листов материал (LOM). Този метод е често описан като превръщане на хартията в дърво. По принцип LOM е прилаган за правене на дървени модели за пясъчно леене. Тези модели са доста издръжливи и съответно отново употребими. LOM е една от най-икономичните технологии на RP и е отлична за правене на големи части с определена геометрична сложност.

Предимства

- Дървените части могат да бъдат покрити с пясък, продупчвани и да имат резба;

- Големите части могат да бъдат направени бързо и сравнително евтино.

Недостатъци

- Дървените части с малко напречно сечение често имат малка якост;
- Дървените части абсорбират влага, освен ако на повърхността се прилага определена процедура и
- Заключителната площ пред допълнителната обработка е незадоволителна в сравнение с някои други техники на RP.

Моделиране чрез отлагане на разтопен материал (FDM). Този метод принадлежи към класа на технологии за RP, които са известни като концептуални модели. Това е така, защото в сравнение с други технологии като например SL, създадените модели обикновено са нефункционални от гледна точка на тяхната якост и заключителната повърхност е незадоволителна, ако се сравни с други технологии като например SL. През последните години има подобрене след като Stratasys създава машините Maxum и Titan. Концептуалните модели са предназначени да осигурят бърз начин за създаване на частта, която ще може да бъде проверена за груби грешки и да може да бъде прилагана като комуникационен инструмент между продукта и дизайнерския екип.

Предимства

- Частите могат да бъдат направени от различни материали и
- Машината може лесно да бъде монтирана и използвана в офис.

Недостатъци

- Добра завършена повърхност;
- Нужна е опорна структура;

табл.1 Грапавост на повърхнината ($\mu\text{m Ra}$) за избраните технологии за БП

Технология - материал	Дебелина на слоя	Ъгъл на изграждане, α /степени				
		10	30	50	70	90
SLA – Епоксид (ACES стил)	0,15	39,9	28,8	21,5	16,7	6,3
SLS – Полистирен	0,20	65,2	35,6	32,6	24,7	20,6
SLS – Найлон	0,10	28,5	36,9	36,5	39,2	11,8
LOM - Хартия	0,10	29,2	27,7	25,3	23,3	16,9
FDM - ABS	0,25	56,6	38,6	26,4	22,7	17,9

табл.2 Точност на размерите за избраните технологии за БП

Планирани размери от CAD моделът (mm)	Средна

Технология - материал	34,50	50,35	52,50	56,00	60,00	71,00	75,00	точност
Реални размери на изследваните части (mm)								
SLA – Епоксид (ACES тил)	34,83	50,57	52,77	55,85	59,97	70,97	74,94	97,7
SLS – Полистирен	34,43	50,45	52,62	56,48	60,14	71,31	75,12	97,7
SLS – Найлон	34,77	50,37	52,59	55,99	60,39	70,65	74,99	97,8
LOM - Хартия	34,67	50,61	53,20	55,98	59,92	71,05	74,86	97,2
FDM - ABS	34,38	50,07	53,45	55,46	60,09	70,42	75,08	95,3

табл.3 Индикативни механични свойства за избраните технологии за БП

Технология	Материал	Якост на опън (MPa)	Модул на еластичност (MPa)	Склероскопична твърдост D
SLA	Епоксид	55-65	2,150-2,600	80-85
	Акрилат	35	1,100-1,200	78
LOM	Хартия	26-66	2,514-6,697	55-70
	Полиестер	85	3,435	-
FDM	ABS	35	2,495	105 Твърдост по Роквел
	Восък	3,5	277	33
SLS	Фин найлон	36	1,400	-
	Акрилен полимер	10	1,100	-
	Найлон	49	2,828	-

- Компонентите имат малка якост във вертикална посока;
- Процесът протича бавно за части с голяма маса и
- Лошата крайна повърхност ги прави неатрактивни инструменти.

2.3 Свойства на частите получени чрез RP

Следните параграфи оценяват няколко ключови свойства, именно:

- Грапавост на повърхнината
- Точност на размерите
- Механични свойства.

Грапавост на повърхнина на частите получени чрез RP. Грапавостта на повърхнината може да бъде измерена със стойности от 0 до 90, (Таблица 1). От данните може да се отчете, че има едно значително разнообразие в грапавостта на повърхността в зависимост от: технологията, дебелината на слоя, използвания материал и от ъгъла на изграждане на повърхността. Ъгълът на изграждане е особено важен и RP потребителят трябва да посочи коя повърхност трябва да има най-добро качество, за да се гарантира, че частта е

изградена в правилната посока, за постигане на желания резултат.

Точност на размерите на частите, получени чрез RP. Измерени са същи образци на изпитване, за да се установи точността на линейните размери за различните технологии за бързо прототипиране, в сравнение с установените размери на CAD модела на изпитвания образец, (Таблица 2). От таблицата може да се види, че точността значително се променя в зависимост от прилаганата технология и на която размер е направено измерване. От данните може да се отчете че нито една от технологиите, които се разглеждат не е по-точна от 97,8%. RP моделите са склонни на изкривяване и RP потребителят трябва да вземе в предвид линейната неточност на размерите и изкривяването на моделите при определяне на прилагането на частта.

Механични свойства на частите, получени чрез RP. Особено трудно е да се измерват и сравняват механичните свойства на частите получени чрез бързо прототипиране по редица причини. Материалите и процесите използвани за получаване на частите непрекъснато се подобряват и в резултат на това е подобрена механичната якост и останалите характеристики на частите.

Таблицата 3 представя данни, предоставени от доставчиците на материали или самите производители на оборудване.

3. БЪРЗО ИЗРАБОТВАНЕ НА ФОРМООБРАЗУВАЩИ ИНСТРУМЕНТИ

Производителите все повече се стремят към технологии за бързо изработване на формообразуващи инструменти (RT) не само като алтернатива на бързото прототипиране, а специално и за започване на малко производство, което не оправдава инвестиции за конвенционални твърди инструменти.

3.1 Класификация на технологиите за RT

В момента голям брой инструменти могат да бъдат произведени чрез прилагане на различни технологии. За целите на класификацията, инструментите са разделени на твърди или меки и също така директни или индиректни (фиг.2).

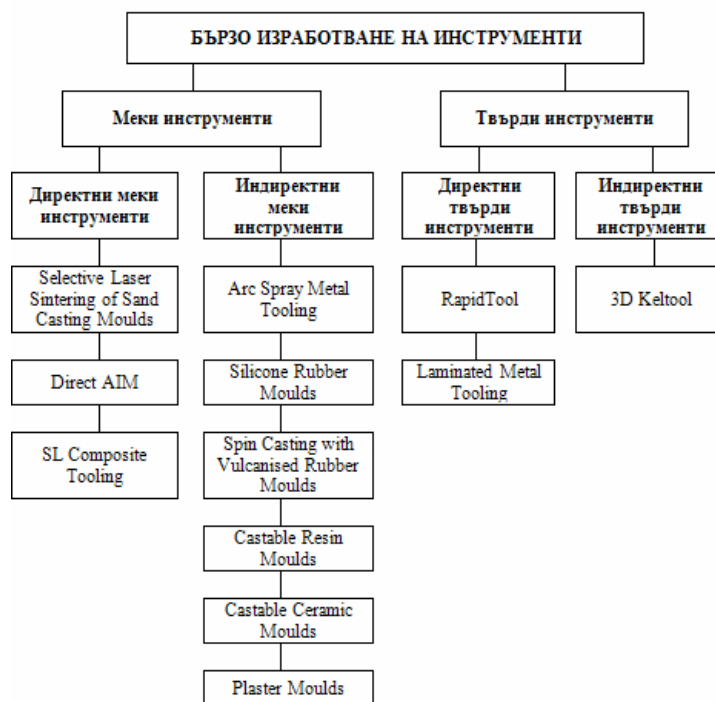
Инструментите за малко серийно производство често известни като меки инструменти в резултат на това че тези инструменти са изработени

от материали като силиконов каучук, епоксидна смола, сплави които имат ниска точка на топене или алуминий, които са по-лесни за работа, в сравнение с челиците. Инструментите за голямо серийно производство са известни като твърди инструменти и обикновено са направени от твърди стомани.

При директните инструменти, инструмент е създаден с процеса на RP. При индиректни инструменти, само моделът е създаден чрез прилагане на технологиите на RP. Този модел се използва за получаване на инструмента от материали като силиконов каучук, епоксидна смола, мек метал или керамика.

3.2 Сравнение на технологиите за RT

Технологиите за изработване на формообразуващи инструменти са много различни една от друга, защото те предлагат голямо разнообразие от процеси, които могат да се избират. Важно е да се отбележи, че сравнение между тези техники е необходимо. Сравнението на тези техники е направено на базата на следните критерии:



фиг.2 Класификация на RT технологията

табл.4 Сравнение на технологиите според трайността на инструмента

Трайността на инструмента 10-200 (брой на части)	201-2000	Повече от 2000
Silicon rubber mould	Arc spray metal tooling	RapidTool
Spin casting with vulcanized rubber mould	Direct AIM	3D Keltool
Castable resin mould	SL composite	Laminated metal tooling
Castable ceramic mould		SLS of sand casting moulds
Plaster mould		

табл.5 Сравнение на технологиите според разходите за развитие на инструмента

Разходи за развитие на инструмента \$500-\$2000	\$2001-\$10 000	Повече от \$10 000
SLS of sand casting moulds	Arc spray metal tooling	RapidTool
Silicon rubber mould	Direct AIM	Laminated metal tooling
Spin casting with vulcanized rubber mould	SL composite	3D Keltool
Castable resin mould		
Castable ceramic mould		
Plaster mould		

табл.6 Сравнение на технологиите според времето за развитие на инструмента

Време за развитие По-малко от 1 седмица	1-2 седмици	Повече от 2 седмици
SLS of sand casting moulds	Arc spray metal tooling	RapidTool
Direct AIM	Silicon rubber mould	Laminated metal tooling
SL composite	Spin casting with vulcanized rubber mould	3D Keltool
	Castable resin mould	
	Castable ceramic mould	
	Plaster mould	

трайността на инструмента (табл.4), разходите за развитие на инструмента (табл.5) и времето за развитие на инструмента (табл.6).

От Таблица 4 може да се отчете че технологиите за индиректни меки инструменти имат малка трайност на инструмента от 10-200 парчета, защото инструмента при тези технологии е направен от мек материал и като такъв бързо се износва. Технологиите за директни меки инструменти използват сравнително потвърди смоли и затова трайността на инструмента е от 201-2000 парчета.

Разходът за разработване на инструмента при технологиите за индиректни меки инструменти, с изключение на инструмента с дъга разпръскване

на метала, е най-нисък (\$500-\$2000). При технологиите за твърди инструменти, разходът за разработване на инструмента е по-висок поради самия разход за твърд инструмент и дългото време за производство, на оборудването за бързо прототипиране (Таблица 5).

Технологиите за директни меки инструменти имат малко време за разработване на инструмента, съответно се изисква малко ръчна работа. При технологиите за индиректни меки инструменти времето за разработване на инструмента от 1 до 2 седмици е необходимо за допълнителни ръчни операции за производство на инструмента от модела (Таблица 6).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В този доклад е направен преглед на различни технологии за бързо прототипиране, тъй като техните предимства и недостатъци трябва да бъдат анализирани преди да бъде избран процес за бързо прототипиране. Дадени са забележките за грапавостта на повърхнината, точността на размерите и механичните свойства. Също така е изложена класификация на популярните техники за бързо изработване на формообразуващи инструменти. Сравнението на тези техники е направено на базата на следните критерии: трайност на инструмента, разходи за развитие на инструмента и време за развитие на инструмента.

Литература

1. **Ashley S.**, "From CAD art to rapid metal tools", Mechanical Engineering, pp. 82-87, March 1997.
2. **Chua C. K., Leong K. F.** Rapid Prototyping: Principles and Applications In Manufacturing. John Wiley, 1997.
3. **Denton K. R.** "The economics of rapid tooling and rapid prototyping", The Sixth International Conference on Rapid Prototyping, pp. 179-188, 1995.
4. **Hilton P.** "Making the leap to rapid tool making", Mechanical Engineering, pp. 75-77, July 1995.
5. **Tsang H. B. and Bennett G.** "Rapid tooling - direct use of SLA moulds for investment casting", First National Conference on Rapid Prototyping and Tooling Research, pp. 237-247, 1995.

COMPARATIVE STUDY OF RAPID PROTOTYPING AND RAPID TOOLING TECHNOLOGIES

Andrijana BOCEVSKA¹ Georgi TODOROV² Todor NESHKOV³

¹Department „Computer Science and Engineering”, Faculty of Technical science – Bitola, R. Macedonia
e-mail: abocevska@yahoo.com

²„CAD/CAM/CAE in Industry” lab, Technical University – Sofia, Bulgaria
e-mail: gdt@tu-sofia.bg

³ Department „Automatization of discrete production”, Technical University – Sofia, Bulgaria
e-mail: tnes@tu-sofia.bg

Abstract: This paper provides an overview of different technologies for rapid prototyping and compares the main features of the components derived from this technologies related to the surface roughness, dimensional accuracy and mechanical properties. Also, several popular rapid tooling techniques are classified. The comparison on these techniques is made based on tool life, tool development time and tool development cost.

Keywords: prototypes, Rapid prototyping, Rapid tooling.

КИНЕМАТИКА В 3D ПРОСТРАНСТВОТО НА МЕХАНИЧЕН МОДУЛ С ЦИЛИНДРИЧНА И СФЕРИЧНА СТАВА

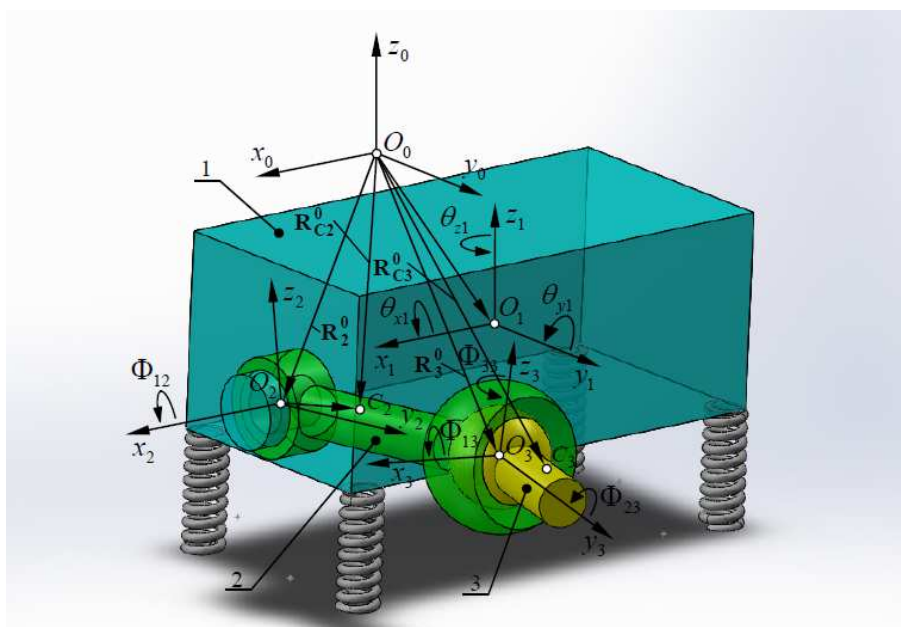
Валентин СЛАВОВ

катедра „Приложна механика“, ХТМУ - София, България

e-mail: valslavov@abv.bg

Резюме: В работата се изследва кинематиката на механичен модул с цилиндрична и сферична става, и еластично окачване на основното тяло в 3D пространството. Създаден е кинематичен модел на модула, който е дефиниран като механична система от 3 тела с 10 степени на свобода. Съставени са матрици на преход с размерност 4×4 между координатните системи. Получени са матрици с размерност 4×1 за векторите на положението на произволни точки от телата. Дефинирани са изрази за линейните скорости на произволни точки от телата на механичната система и техните ъглови скорости. Получените формули са удобни при определяне на кинетичната енергия, потенциалната енергия, енергията на разсейването и др.

Ключови думи: механичен модул, механо-математично матрично моделиране, кинематика



фиг.1 Кинематичен модел на модул с цилиндрична и сферична връзка

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Матричната механика [1,2,3] съвместно със съответен математичен софтуер [6] и компютър представлява мощен инструмент за механо-математично моделиране на сложни механични системи. Всяка една механична система е уникална и за моделирането се съставя съответен алгоритъм.

В инженерната практика често се срещат механични системи, в които са включени отделни модули. Тези модули са изградени от две и повече тела, свързани с цилиндрични, сферични, призматични, универсални и др. стави помежду си. За всеки един от тези модули може да се състави съответен алгоритъм, който да бъде включен в основния алгоритъм на точно определено място. Мястото на включване се определя от положение

нието на модула в кинематичната верига на механичната система.

Целта на тази работа е да се изследва кинематиката на механичен модул с цилиндрична и сферична става. Такъв модул например представлява предното окачване тип „Макферсон“ на лек автомобил [4,5]. По-нататък получените формули за векторите на положението и на линейните скорости на произволни точки, както и за векторите на ъгловите скорости на телата, се използват за изследване на динамиката на модула.

2. КИНЕМАТИЧЕН МОДЕЛ

Кинематичният модел на механичен модул с цилиндрична и сферична става е показан на фиг.1. Модулът се състои от 3 твърди тела. Връзката между тяло 1 и тяло 2 е цилиндрично-опорна, а между тяло 2 и тяло 3 е сферична. Основното тяло 1 се приема в най-общия случай като еластично окачено тяло. То извършва малки движения в пространството и има шест степени на свобода: малки трансрации успоредно на осите на координатната система $O_1x_1y_1z_1$ - x_1, y_1, z_1 и малки ротации спрямо осите O_1x_1, O_1y_1, O_1z_1 - съответно $\theta_{x1}, \theta_{y1}, \theta_{z1}$. Тяло 2 извършва относителна ротация Φ_{12} спрямо тяло 1. Тяло 3 извършва три относителни ротации $\Phi_{13}, \Phi_{23}, \Phi_{33}$ спрямо тяло 2. Така дефинираната механична система има 10 степени на свобода.

Векторът на обобщените координати, записан в матричен вид е:

$$\mathbf{q} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 & \theta_{x1} & \theta_{y1} & \theta_{z1} \\ \Phi_{12} & \Phi_{13} & \Phi_{23} & \Phi_{33} \end{bmatrix}^T_{10 \times 1} \quad (1)$$

3. МАТРИЦИ НА ПРЕХОД

Всички вектори се проектират в отправната (абсолютна) координатна система, спрямо която се отчита движението на модула. Това става като се използват матрици на преход от неподвижно свързаните със съответните тела координатни системи (локални координатни системи) към от-

правната координатна система. Използват се матрици на преход с размерност 4×4 .

Матрицата на преход между координатната система, неподвижно свързана с тяло 1 и отправната координатна система, има вида

$$\mathbf{A}_1^0 = \mathbf{A}t_1^0 \cdot \mathbf{A}t_1 \cdot \mathbf{A}u_1 = \begin{bmatrix} 1 & -\theta_{z1} & \theta_{z1} & l_{x1}^0 + x_1 \\ \theta_{z1} & 1 & -\theta_{x1} & l_{y1}^0 + y_1 \\ -\theta_{y1} & \theta_{x1} & 1 & l_{z1}^0 + z_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

където

$$\mathbf{A}t_1^0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{R}_1^0 \end{bmatrix}_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_{x1}^0 \\ 0 & 1 & 0 & l_{y1}^0 \\ 0 & 0 & 1 & l_{z1}^0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\mathbf{A}t_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & x_1 \\ 0 & 1 & 0 & y_1 \\ 0 & 0 & 1 & z_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\mathbf{A}u_1 = \begin{bmatrix} 1 & -\theta_{z1} & \theta_{z1} & 0 \\ \theta_{z1} & 1 & -\theta_{x1} & 0 \\ -\theta_{y1} & \theta_{x1} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Матрицата на преход между координатната система, неподвижно свързана с тяло 2 и отправната координатна система, има вида

$$\mathbf{A}_2^0 = \mathbf{A}_1^0 \cdot \mathbf{A}t_2^1 \cdot \mathbf{A}u_2 \quad (6)$$

където

$$\mathbf{A}t_2^1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{R}_2^1 \end{bmatrix}_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_{x2}^1 \\ 0 & 1 & 0 & l_{y2}^1 \\ 0 & 0 & 1 & l_{z2}^1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\mathbf{A}u_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \Phi_{12} & -\sin \Phi_{12} & 0 \\ 0 & \sin \Phi_{12} & \cos \Phi_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Матрицата на преход между координатната система, неподвижно свързана с тяло 3 и отправната координатна система, има вида

$$\mathbf{A}_3^0 = \mathbf{A}_2^0 \cdot \mathbf{A}t_3^2 \cdot \mathbf{A}u_3 \quad (9)$$

където

$$\mathbf{A}t_3^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{R}_3^2 \end{bmatrix}_{3 \times 1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_{x3}^2 \\ 0 & 1 & 0 & l_{y3}^2 \\ 0 & 0 & 1 & l_{z3}^2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$\mathbf{A}u_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ [\mathbf{U}_3^2]_{3 \times 3} \\ 0 \\ 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$\mathbf{U}_3^2 = \begin{bmatrix} C\Phi_{23} \cdot C\Phi_{33} & -C\Phi_{23} \cdot S\Phi_{33} & S\Phi_{23} \\ S\Phi_{13} \cdot S\Phi_{23} \cdot C\Phi_{33} + C\Phi_{13} \cdot S\Phi_{33} & -S\Phi_{13} \cdot S\Phi_{23} \cdot S\Phi_{33} + C\Phi_{13} \cdot C\Phi_{33} & -S\Phi_{13} \cdot C\Phi_{23} \\ -C\Phi_{13} \cdot S\Phi_{23} \cdot C\Phi_{33} + S\Phi_{13} \cdot S\Phi_{33} & C\Phi_{13} \cdot S\Phi_{23} \cdot S\Phi_{33} + S\Phi_{13} \cdot C\Phi_{33} & C\Phi_{13} \cdot C\Phi_{23} \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$C \equiv \cos \quad S \equiv \sin$$

4. ВЕКТОРИ НА ПОЛОЖЕНИЕТО НА ПРОИЗВОЛНИ ТОЧКИ ОТ ТЕЛАТА

Произволни точки от телата са означени с C_i , $i=1,2,3$. Векторите на положението на произволни точки .. в локалните координатни системи имат вида

$$\mathbf{r}_{Ci} = [l_{xCi} \quad l_{yCi} \quad l_{zCi} \quad 1]^T \quad i=1,2,3 \quad (13)$$

където $l_{xCi}, l_{yCi}, l_{zCi}$ са координатите на произволна точка C_i в свързаната с тялото i координатна система.

Векторите на положението на произволни точки C_i от съответното тяло, проектирани в отправната координатна система $O_0x_0y_0z_0$, се определят от

$$\mathbf{R}_{Ci}^0 = \mathbf{A}_i^0 \cdot \mathbf{r}_{Ci} \quad i=1,2,3 \quad (14)$$

5. ВЕКТОРИ НА АБСОЛЮТНИТЕ ЛИНЕЙНИ СКОРОСТИ НА ПРОИЗВОЛНИ ТОЧКИ ОТ ТЕЛАТА

Векторите на абсолютните линейни скорости на произволни точки C_i , проектирани в отправната координатна система, се получават като се диференцират по времето изразите (14)

$$\mathbf{V}_{Ci}^0 = \frac{d\mathbf{R}_{Ci}^0}{dt} = \left[\sum_{k=1}^{s+1} \left(\frac{\partial \mathbf{A}_i^0}{\partial q_k} \dot{q}_k \right) \cdot \mathbf{r}_{Ci} \right] \quad (15)$$

където \dot{q}_k е частна производна относно обобщената координата q_k .

6. ВЕКТОРИ НА АБСОЛЮТНИТЕ ЪГЛОВИ СКОРОСТИ НА ТЕЛАТА, ПРОЕКТИРАНИ В ЛОКАЛНИТЕ КООРДИНАТНИ СИСТЕМИ

Векторът на абсолютната ъглова скорост на тяло i - Ω_i^i , проектиран в локалната координатна система $O_{xi}y_iz_i$ на съответното тяло, се получава като сума от проекциите на абсолютната ъглова скорост на тяло $i-1$ и относителната ъглова скорост на тяло i върху осите на локалната координатна система. Това се осъществява с изрза:

$$\Omega_i^i = \sum_{k=1}^{i-1} \mathbf{U}_i^{kT} \cdot \mathbf{U}_k^{\Omega k} \cdot \Omega_k + \mathbf{U}_i^{\Omega i} \cdot \Omega_i \quad (16)$$

където: $\mathbf{U}_i^{\Omega i}$ - матрица на преход за ъгловата скорост на тяло i , проектирана в локалната координатна система; $\Omega_{xi}, \Omega_{yi}, \Omega_{zi}$ - проекции на ъгловата скорост върху осите на съответната локална координатна система.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основата на получените формули е създаден алгоритъм за пресмятане с компютър в символен вид на векторите на положението и скоростта на произволни точки от механичната система и на векторите на ъгловите скорости на телата. Получените резултати се използват за моделиране на динамиката и трептенията на механичен модул с цилиндрична и сферична става.

Литература

1. **Ангелов И.** Матрична механика Кинематика. София, Авангард Прима, 2008.
2. **Ангелов И.** Матрично моделиране в 3D пространството на кинематиката, динамиката и трептенията на механични модули и многомасови системи. Дисертация за присъждане на научна степен „доктор на техническите науки“. София, Технически Университет, 2001.
3. **Ангелов И., Славов В.** Матрична механика. Кинематика. Сборник задачи. София, Авангард Прима, 2006.
4. **Ангелов И., Бачев В., Ахчийски В.** Матрична кинематика на лек автомобил в тримерното пространство. Българско списание за инженерно проектиране, брой X, месец 2012г.
5. **Ангелов И., Бачев В., Николов В.** Механо-математично матрично моделиране на пространствените свободни незатихващи трептения на лек автомобил. Българско списание за инженерно проектиране, брой X, месец 2012г.
6. **Wolfram S.** Mathematica: A System for Doing Mathematics by Computer. Reading, Addison - Wesley, 1988.

KINEMATICS IN 3D SPACE OF A MECHANICAL MODULE WITH CYLINDRICAL AND SPHERICAL JOINT

Valentin SLAVOV

Applied Mechanics department, University of Chemical Technology and Metallurgy, Bulgaria

e-mail: valslavov@abv.bg

Abstract: In this work is investigated the kinematics of mechanical module with cylindrical and spherical joint, and elastic suspension of the basic body in the 3D space. Is created kinematic model of the module, which is defined as mechanical system of three bodies with 10 degrees of freedom. They are composed of transition matrices with dimension 4×4 between coordinate systems. Matrices are derived with dimension 4×1 for position vectors of any point of the bodies. Expressions are defined for linear velocities of random points from the bodies of the mechanical system and their angular velocities. The resulting formulas are suitable for determining the kinetic energy, potential energy, energy dissipation, etc.

Keywords: mechanical mathematical matrix modeling, kinematics

ИЗПОЛЗВАНЕ НА ГЕНЕТИЧНИ АЛГОРИТМИ ЗА ОПТИМИЗИРАНЕ РАБОТАТА НА АДАПТИВЕН МЕХАНИЗЪМ ЗА АГРЕГИРАНЕ С ПРЕПРЕДАВАНЕ НА ФРАГМЕНТИ

Валентин ХРИСТОВ¹ Борис ТУДЖАРОВ²

¹катедра „Компютърни системи и технологии”, Югозападен университет "Н.Рилски" - Благоевград, България
e-mail: v_hristov@swu.bg

²катедра „Основи и технически средства за конструиране”, Технически университет - София, България
e-mail: bntv@tu-sofia.bg

Резюме: Целта на настоящата статия е да се изследват възможностите за използването на генетични алгоритми при определяне оптималния брой на пакетите, така че закъсненията от агрегиране да са минимални. Получени са числени резултати за оптимизиране на A-AFR механизма при реален SMTP трафик, чрез които резултати се верифицира предложението за подход. Предложеният в настоящата статия подход позволява също чрез калкулатор на генетични алгоритми да се изследва влиянието на параметрите и характеристиките на други видове трафик върху времезакъсненията на A-AFR механизма.

Ключови думи: закъснения при агрегиране, генетични алгоритми, интернет трафик, A-AFR

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Реализираните скорости във високоскоростните безжични мрежи за предаване на данни са значително по-ниски [7] от скоростите, с които тези мрежи предават във физическия си слой. Целесъобразно решение за преодоляване на този феномен при високоскоростните безжични мрежи е използването на механизми за агрегиране [3],[5] на пакети, като например механизъм за агрегация с препредаване на фрагменти AFR. При който, множество пакети се фрагментират, след което фрагментите се агрегират в един голям кадър и се изпращат, обаче ако възникват грешки по време на предаването, само повредените фрагменти от кадъра се препредават.

Настоящата статия в известен смисъл е продължение на предишната работа [2], в която се предлага една модификация на тъй наречения адаптивен механизъм за агрегация с препредаване на фрагменти A-AFR. По-долу са дадени трите стъпки от работата на тази модификация на A-AFR механизма:

1. Предавателят в зависимост от параметрите на радиоканала, разстоянието до приемника, препятствията по пътя и интерференцията определя вида модулация и РЧУ скорост и размера на фрагмента. Изчислява h - делът на времето за предаване на заглавните (MAC и РЧУ) части в общото време за предаване.

2. При пристигането на всеки пакет в буфера се отбелязва неговото време и от разликата с времето на пристигане на предходния пакет (както в [4]) се изчислява интензивността на пристигане на пакетите, респективно утилизацията към момента ρ и времето, което чака в буфера най-рано пристигналият пакет (HOL - Head Of Line). Ако времето на най-рано пристигналият пакет надвишава максимално допустимото време, тогава незабавно се отхвърля (фрагментите от такива пакети напускат буфера). По този начин, приложения предаващи поточни аудио и видео данни ще могат да се възползват от предимствата на агрегирането на пакети при запазване на закъсненията под определена предварително зададена стойност.

3. В противен случай, от получените в стъпки 1 и 2, моментни стойности на h и ρ се определя броя на пакети- n , които се фрагментират и агрегират. За целта се използва зависимостта между дела на заглавните части в кадъра, броя на агрегираните пакети и утилизацията, при която се минимизират закъсненията от агрегиране. Ако броят на пакетите в буфера е по-голям от n , тогава само първите n пакета се агрегират, а другите пакети чакат в буфера за следващия кадър. Агрегираният кадър се създава от пакетите намиращи се в момента в буфера, започвайки от пристигналите най-рано (FIFO). Пакетите пристигащи по време на предаването на този агрегиран

кадър не могат да се агрегират към текущия кадър и чакат в буфера до следващото агрегиране на кадър.

При определяне оптималния брой на пакетите, които формират агрегиращия кадър, трябва да се има предвид, че агрегиращият механизъм постига по-голяма производителност с увеличаване броя на пакетите в агрегиращия кадър (размера), което обаче е за сметка на увеличаване на закъснението на пакетите, респективно понижаване качеството на обслужване QoS.

Целта на настоящата статия е да се изследват възможностите за използването на генетични алгоритми при определяне оптималния брой на пакетите, които (след като се фрагментират) формират агрегиращия кадър, така че закъсненията от агрегиране да са минимални.

2. ВРЕМЕЗАКЪСНЕНИЯ ПРИ АГРЕГИРАНЕ С ПРЕПРЕДАВАНЕ НА ФРАГМЕНТИ

Агрегиращите механизми, включително A-AFR постигат по-голяма производителност с увеличаване размера на агрегиращия кадър (броя на пакетите, които го формират), т.е. при максималния размер на кадъра се постига максималната производителност. Разбира се, това се постига за сметка на увеличаване на закъснението на пакетите.

Известно е, че за различните мрежи максималния размер на кадъра е ограничен, т.е. използването на произволно големи по размер кадри не е възможно. Горната граница на размера на кадъра зависи от способностите на РНУ слоя и е ограничена от вътрешната памет и от размера на буфера за изпращане на предавателните станции. За да се достигне 90% ефективност на MAC ниво, максималният размер на кадъра следва да е 32768 байта при скорост на предаване 216 Mbps и 65536 байта при скорост 648 Mbps. Следователно, броя на агрегираните пакети в един кадър също е ограничен.

При A-AFR механизма, MAC кадъра се състои от заглавие и тяло. Всички полета на MAC заглавието остават непроменени, само са добавени три нови полета - размер на фрагмента, номер на фрагмента и резервирано (свободно) поле. Тялото на кадъра съдържа заглавията на фрагментите и телата на фрагментите и контролно поле за про-

верка на съответният фрагмент (FCS- Fragment Check Sequences).

Пристигащите пакети се съхраняват в буфер, агрегират се и се изпращат до получателя. Пакетите с данни, получени от мрежовия слой биват агрегирани в един кадър като в предната част на кадъра се добавя и заглавие. Всеки кадър се състои от заглавие и определен брой пакети с данни, и не надвишава максималния размер за кадъра 64К байта, т.е. максималният брой на пакетите с данни, които могат да бъдат агрегирани е ограничен до 64К байта.

Нека означим интензивността на пристигане на пакетите с λ , броя агрегирани пакети с n , $1/\mu$ да е съответно времето за предаване или обслужване на един пакет, а коефициентът на натоварване или утилизацията - $\rho = \lambda/\mu$.

Предлаганият в настоящата статия подход за определяне на оптимален брой на агрегираните пакети за адаптивния A-AFR механизъм използва известната формула за времето за чакане в M/M/1 система за масово обслужване:

$$T = \frac{1}{\mu - \lambda} \quad (1)$$

където μ - скоростта на предаване на пакетите и λ - интензивността на пристигане на пакетите.

Считаме, че времето за предаване на един агрегиран кадър е сумата от времената за предаване на заглавието на този кадър и всичките n на брой отделни пакети/фрагменти в него.

Следователно, освен (1) към времето за чакане при агрегиране трябва да се добави и усредненото време, което изминава от пристигането на всеки един от предходните $n-1$ пакета до момента на пристигане на последния пакет и сглобяването на агрегиран кадър:

$$T' = \frac{1}{\mu' - \lambda'} + \frac{n-1}{2\lambda} \quad (2)$$

където μ' - скорост на предаване на агрегираните кадри и λ' - интензивността на сглобяване на агрегираните кадри.

Интензивността на сглобяване на агрегираните кадри е n пъти по-ниска от интензивността на пристигане на пакетите, тъй като този кадър се формира след пристигането на n отделни пакети ($\lambda' = \lambda/n$).

Времето за предаване без агрегиране ($1/\mu$) е сумата от времената за предаване на заглавието и

данните на този кадър. Времето за предаване на един агрегиран кадър ($1/\mu'$) е сумата от времената за предаване на заглавието на този кадър и данните на n -те на брой пакети в него, т.е. n пъти времето за предаване без агрегиране, но без $n-1$ пъти времето за предаване на заглавията на останалите $n-1$ пакети в кадъра. Откъдето:

$$\mu' = \frac{\mu}{n - (n-1)h} \quad (3)$$

Замествайки в (4) за времето за чакане при агрегиране се получава:

$$T' = \frac{1}{\frac{\mu}{n - (n-1)h} - \frac{\lambda}{n}} + \frac{n-1}{2\lambda} \quad (4)$$

Горната формула дава времето за чакане при агрегиране изразено чрез дела на заглавните части в кадъра - h , броя на агрегираните пакети - n , интензивността на пристигане на пакетите с λ и скоростта им на обслужване - μ .

От анализа на (4) се вижда, че времето за чакане може да се минимизира по отношение на броя на агрегираните пакети - n , (първият член намалява с увеличаването на n , а вторият - расте).

При хардуерната реализация на този адаптивен агрегиращ механизъм следва да се закодира

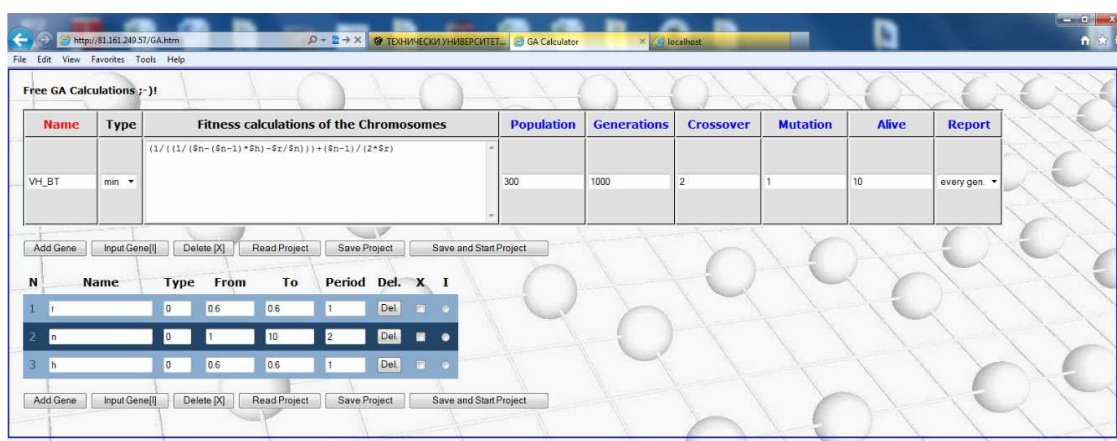
таблично зависимостта на броя на агрегираните пакети и заглавните части в кадъра, и утилизацията, при която се минимизират закъсненията от агрегиране (вж. стъпка 3 от работата на последния) за намиране оптималния брой на пакетите - n , в зависимост от дела - h и утилизацията - ρ , при които закъснението е минимално. Чрез почленното умножение на (4) с λ , намирането на първата производна относно n и приравняването ѝ на 0 се определя броя на агрегираните пакети - n , (изразен чрез дела на заглавните части в кадъра - h и утилизацията - $\rho = \lambda/\mu$) такъв, че времето за чакане при агрегиране да е минимално:

$$\left[\frac{1}{\frac{1}{n - (n-1)h} - \frac{\rho}{n}} + \frac{n-1}{2\rho} \right]' = 0 \quad (5)$$

Развивайки (5) се получава израза (6), т. е. квадратно уравнение, което има един неотрицателен корен (7).

$$\frac{n^2(1 - \rho^2 + 2\rho^2h - \rho^2h^2) + n(2\rho^2h^2 - 2\rho h - 2\rho^2h) - \rho^2h^2}{(2\rho(n - \rho n + \rho h n - \rho h))^2} = 0 \quad (6)$$

$$n_1 = \frac{-(2\rho^2h^2 - 2\rho h - 2\rho^2h) + \sqrt{(2\rho^2h^2 - 2\rho h - 2\rho^2h)^2 + 4(1 - \rho^2 + 2\rho^2h - \rho^2h^2)\rho^2h^2}}{2(1 - \rho^2 + 2\rho^2h - \rho^2h^2)} \quad (7)$$



фиг.1 Работен екран на потребителския модул за създаване на A-AFR модела

По-долу накратко се коментира видовете трафик [1] в опорната мрежа на Интернет, който в значителна степен се различава от този при М/М/1 модела. Ето защо, получените посредством (7) стойности за броя на агрегираните пакети- n за един точно определен вид трафик не са истински оптималните стойности изобщо, а са по-скоро ориентировъчни.

Анализът на днешната структура на трафика [1] е направен по отношение вида на пренасяните пакети посредством IP дейтаграми. Протоколът TCP значително доминира в структурата на общия трафик. Приблизително 95% от всички байтове, 90% от пакетите или 75% от потоците са TCP. Втори е UDP, като в общия случай съставлява 5% от байтовете, 10% от пакетите или 20% от потоците. Другите IP протоколи – IP v.6, капсулирания IP-in-IP и ICMP си разделят оставащите проценти / до 100 % / в структурата на общия трафик. Почти 80% от пакетите са с дължина по-малка от типичната (MSS= 512) за TCP пакетите 552 байта. Освен това, около половината пакети са с дължини между 40 и 44 байта, а около 60% от пакетите са с дължина 44 байта или по-къси. От гледна точка данните (байтовете), които се пренасят в такива пакети това са 7% от общия обем данни . Над половината данни (байтове) те пренасят в пакети с размер 1500 байта или по-дълги.

табл. 1

Трафик	Разпределение	
	входящ поток	дължина на блока данни
VoIP/UDP	P	P
FTP/TCP	P	W и LN
SMTP/TCP	M	M
HTTP/TCP	P	LN и P
IP	P	P
Ethernet	P	P

Нещо повече, статистически изследвания [1] показват, че в IP мрежите за разлика от електронната поща (табл. 1) повечето приложения процесите на пристигане и обслужване на блоковете данни се описват с разпределенията на Парето (P), Вейбул (W) и/или логонормално разпределение (LN). Съществуват редица приблизителни формули за средните времена за ча-

лителни формули за средните времена за чакане (закъсненията) в тези случаи:

$$T_1 = \frac{1}{\mu} \left[1 + \frac{\rho(C_a^2 + C_s^2)}{2(1-\rho)} \right] \quad (8)$$

$$T_2 = \frac{1}{\mu} \left[1/2 + \frac{\rho C_a^2 + C_s^2}{2(1-\rho)} \right] \quad (9)$$

$$T_3 = \frac{1}{\mu} \frac{\rho C_a^2 + C_s^2}{2(1-\rho)} \quad (10)$$

където, $1/\mu$ е времето за предаване (обслужване), $\rho = \lambda/\mu$ е утилизацията, а C_a^2 и C_s^2 са съответно квадратичните коефициенти на разпределенията на постъпващия поток кадри и времената им за обслужване. Формулите за тези коефициенти са представени в литературата, но понеже са сложни тук няма да бъдат дадени.

Следователно, за различните видове трафик, използвайки съответната формула (8)-(10), вместо (1) в израза (2) може да бъде получена аналогичната на (4) формула за закъсненията от агрегиране. Трябва да се отбележи, че за разлика от останалите видове трафик в мрежите днес единствено за SMTP (табл.1) времената на пристигане и обслужване на пакетите са с експоненциално разпределение, т.е. съществува точна формула за закъсненията от агрегиране (4). Последната е диференцируема относно n , така приравнявайки я на нула, получаваме квадратно уравнение, от което намираме аналитичния израз (7) за броя на агрегираните пакети минимизиращ закъсненията при агрегиране.

3. ИЗПОЛЗВАНЕ НА КАЛКУЛАТОР ЗА ГЕНЕТИЧНИ АЛГОРИТМИ, ВЕРИФИКАЦИЯ И ЧИСЛЕНИ РЕЗУЛТАТИЕ

По-долу е описано реализирането на A-AFR модела при използването на калкулатор за генетични алгоритми [6], чрез който при известни параметри на трафика в една безжична мрежа да се намерят оптималните стойности на броя на агрегираните пакети- n .

По-нататък в настоящата работа за да се демонстрира предложението за използване на генетични алгоритми при оптимизиране механизма за агрегация с препредаване на фрагменти е

използвана формула (4). От направения по-горе анализ на днешната структура на трафика следва, че средната дължина на пакета е приблизително 600 байта. В предишната работа [2], в която се предлага размерът на фрагментите в A-AFR да е 64В, т.е. 0.1 от дължината на пакета. Ето защо в калкулатора е целесъобразно да бъде избрана тази стойност (0.1) за грануларност на броя на агрегираните пакети n .

В работата се използва разработена с участието на авторите Web базирана система за моделиране и калкулиране на генетични алгоритми [6].

По-долу накратко са обяснени биологичните основи на генетичните алгоритми.

Пълното множество от генетичен материал (всички хромозоми) се нарича геном. Хромозомите се състоят от гени, блокове на ДНК, като всеки ген кодира конкретен протеин (може да се каже, че всеки ген кодира, различен белег, примерно цвят на очите). Адели се наричат възможните комбинации от стойности за отделния белег (напр. синьо и кафяво за цвета на очите). Всеки ген също така има свое място (определена позиция) в хромозомата.

При репродукцията, гените от родителите формират изцяло нова хромозома чрез рекомбинация (или кросингвер). Ново създаденото потомство след това бива подложено на мутация, т.е. елементи от ДНК се променят.

Приспособимостта на организма се измерва от успешността през неговия живот.

На www.obitko.com са представени някои основи на генетичните алгоритми [7].

Тези алгоритми се използват когато се преследва определен резултат (цел), а намирането на решение изисква относително голям времеви ресурс или в случаи, в които не е известно или няма решение. Алгоритъмът се стартира с множество от решения (представени от хромозоми с конкретна информация за гените) наречени начална популация. Съгласно тяхната жизнеспособност се избират решения, които да формират следващата популация (потомство). На по-подходящите решения (решенията се сравняват от гледна точка на преследвания резултат/цел) се дават по-големи шансове при репродукцията. Очаква се новата популация да бъде по-добра от старата. Това се повтаря докато някакво условие

(примерно: определен брой поколения или намиране на достатъчно добро решение) е удовлетворено.

Последователността при генетичния алгоритъм може да се представи по следния начин:

1) генерира се случайна популация от n хромозоми (решения на проблема);

2) изчисляване жизнеспособността $f(x)$ на всеки хромозом p в популацията (по определена целева функция – наричана „фитнес функция“) и определяне на хромозомите с приоритет при създаване на следващата популация (m на брой, $m < n$);

3) създаване на нова популация чрез повтаряне на следните стъпки докато новата популация бъде завършена:

3.1) запазване на предварително определен брой m от най-добрите решения (съобразно тяхната жизнеспособност – стойности на фитнес функцията);

3.2) избиране на два родителски хромозома от m хромозомите;

3.3) кръстосване- вероятно се кръстосват родителите за да формират ново поколение (деца);

3.4) мутация - вероятно се мутират създадените нови хромозоми;

3.5) поставяне на новото поколение в новата популация (добавяне на $n-m$ нови хромозоми и запълване на популацията);

3.6) заместване - използване на новогенерираната популация за по-нататъшното изпълнение на алгоритъмът;

4) проверка - ако крайното условие е удовлетворено, спиране, и връщане на най-доброто решение;

5) цикъл - отиди на стъпка 2).

На фиг.1, 2, 3 и 4 са представени работни екрани от разработените експериментални модули.

Получените с помощта на този алгоритъм числени резултати са показани в табл.2. С „-“ са дадени случаите, когато за броя на агрегираните пакети n се получават стойности не надвишаващи 1, т.е. без агрегиране.

По-нататък в настоящата работа, с цел верификация на предложения подход е използвана формула (7).

```

<?xml version="1.0"?>
<transport>
  <initial>
    <name>VH_BT</name>
    <type>min</type>
    <fitness>(1/((1/($n-($n-1)*$h)-$r/$n)))+($n-1)/(2*$r)</fitness>
    <population>300</population>
    <generations>1000</generations>
    <crossover>2</crossover>
    <mutation>1</mutation>
    <alive>10</alive>
    <report>everyg</report>
  </initial>
  <units>
    <unit>
      <check>0</check>
      <name>r</name>
      <type>0</type>
      <from>0.6</from>
      <to>0.6</to>
      <step>1</step>
      <fitval>0</fitval>
    </unit>
    <unit>
      <check>0</check>
      <name>n</name>
      <type>0</type>
      <from>1</from>
      <to>10</to>
      <step>2</step>
      <fitval>0</fitval>
    </unit>
    <unit>
      <check>0</check>
      <name>h</name>
      <type>0</type>
      <from>0.6</from>
      <to>0.6</to>
      <step>1</step>
      <fitval>0</fitval>
    </unit>
  </units>
</transport>
    
```

фиг.2 Съдържание на XML модела на GA за случая

табл.2 Получените с GA стойности за броя на агрегираните пакети- n минимизиращи закъсненията при утилизацията ρ и дял на заглавните части в кадъра- h .

$h \setminus \rho$	0.6	0.7	0.8	0.9
0.3	-	-	1.2	1.5
0.4	-	1.1	1.3	1.7
0.5	-	1.2	1.5	1.8
0.6	1.1	1.3	1.6	1.9

Разработен е алгоритъм и програма кодирана на езика C за табулиране на формула (7) с точност до втория знак след запетаята. Използвайки тази програма намираме броя на агрегираните пакети- n минимизиращ закъсненията за дела на заглавните части в кадъра - h и утилизацията ρ . Получените с помощта на този алгоритъм числени резултати са показани в табл.3. Тук също с „-“ са отбелязани случаите, когато за броя на агрегираните пакети n се получават стойности не надвишаващи 1, т.е. без агрегиране

```

-----Generation----- No: 1
Fitness value = 2.4866946778711
r = 0.6
n = 1.1
h = 0.6

-----Generation----- No: 2
Fitness value = 2.4858454312553
r = 0.6
n = 1.09
h = 0.6

-----Generation----- No: 3
Fitness value = 2.4858454312553
r = 0.6
n = 1.09
h = 0.6

-----Generation----- No: 4
Fitness value = 2.48541666666667
r = 0.6
n = 1.08
h = 0.6

-----Generation----- No: 5
Fitness value = 2.48541666666667
r = 0.6
n = 1.08
h = 0.6
    
```

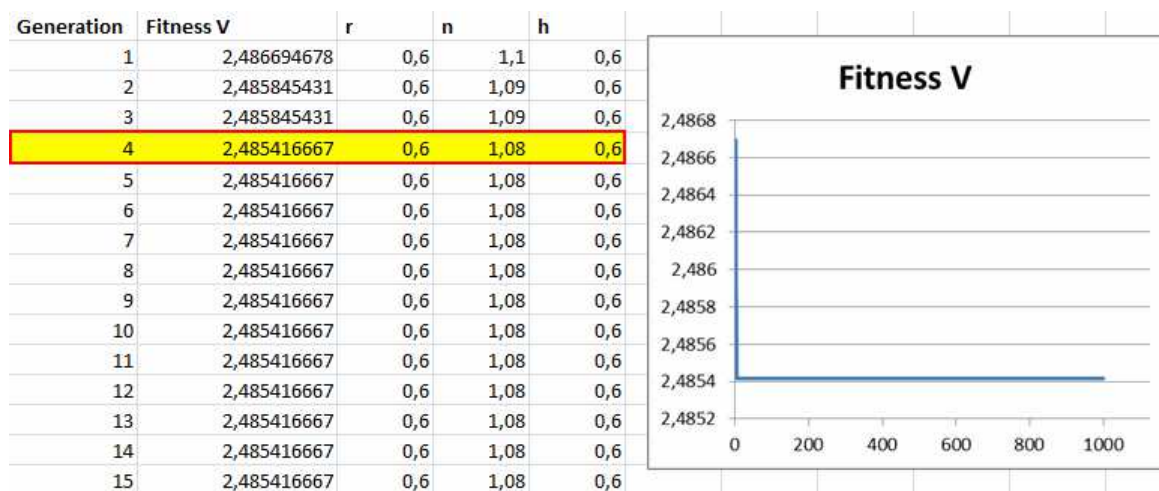
фиг.3 Решения по генерации

табл.3 Брой на агрегираните пакети- n минимизиращи закъсненията (числени резултати) за съответните стойности на утилизацията ρ , дела на заглавните части в кадъра- h

$h \setminus \rho$	0.6	0.7	0.8	0.9
0.3	-	-	1.16	1.54
0.4	-	1.06	1.33	1.67
0.5	-	1.19	1.46	1.78
0.6	1.08	1.31	1.57	1.87

От сравнението на получените числени резултати (табл.3) с получените такива с калкулатора на генетични алгоритми (табл.2) се вижда, че резултатите почти напълно съвпадат.

Разликите са от разликата в избраната точност за табулиране на формула и избраната за калкулатора грануларност за броя на пакетите- n .



фиг.4 Изходен Excel файл с решенията по генерации

Получените с калкулатора за генетични алгоритми и формула (4) закъснения на агрегиращия механизъм при скорост на предаване 50 Mbps са показани в табл. 4. Тези резултати са SMTP трафик. Вижда се, че с увеличаване на натоварването, нарастват закъсненията, което е в пълно съответствие с направения по-горе анализ.

табл.4 Закъснения (в ms) при агрегиране за SMTP трафик получени с калкулатора.

$h \setminus p$	0.6	0.7	0.8	0.9
0.3	3,57	4,62	6,60	9,99
0.4	3,51	4,50	6,09	8,25
0.5	3,42	4,23	5,49	6,90
0.6	3,36	4,11	4,92	5,85

Този подход и калкулаторът за генетични алгоритми могат да се използват също така за да се изследват закъсненията на агрегиращия механизъм при останалите видове трафик (Вж. табл. 1). За изследване влиянието на параметрите и характеристиките на съответните източници на трафик върху времезакъсненията при агрегиране следва да се използва получена аналогично на (4) формула (съгласно предложени по-горе подход).

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На базата на анализ на времезакъсненията при агрегиране е предложен подход за използване на генетични алгоритми за оптимизиране работата на адаптивен механизъм за агрегация с препредаване на фрагменти- A-AFR.

Предложения в настоящата статия подход позволява също чрез калкулатор на генетични алгоритми да се изследва влиянието на параметрите и характеристиките на видовете трафик върху времезакъсненията на A-AFR механизма.

Получени са числени резултати за оптимизиране на A-AFR механизма при реален SMTP трафик, чрез които резултати се верифицира предложени подход.

Литература

1. Гольдштейн Б., Соколов Н., Яновский Г., Сети связи, БХВ-Петербург, 2010.
2. Христов, В., Б. Туджаров, Адаптивен агрегиращ механизъм с препредаване на фрагменти за високоскоростни безжични мрежи, Българско списание за инженерно проектиране, брой 7, февруари 2011г, с.15-22
3. Hong J. and K. Sohraby "On Modeling, Analysis, and Optimization of Packet Aggregation Systems", IEEE Transactions On Communications, vol. 58, no. 2, February 2010, pp 660-668.
4. Hristov V. Implementation of adaptive mechanism with aggregation and fragment retransmission for 802.11 wireless networks, Proceedings of International Conference on Information Technologies (InfoTech-2011), 15th -16th September 2011, Varna, Bulgaria, pp. 169- 174.

5. **Tianji Li** and all Aggregation with fragment retransmission for Very High-Speed WLANs , IEEE/ACM Transactions on Networking, Volume: 17 , Issue: 2 2009 , pp. 591 – 604.

6. **Tudjarov B., N. Kubota, V. Penchev, V. Hristov**, Web based Modeling and Calculation of Genetic Algorithms, Proceedings of the IWACIII'2011, Suzhou China, November 19 – 23, 2011, pp. 32- 37

7. **Olteanu A. and Yang Xiao** Security overhead and performance for aggregation with fragment retransmission (AFR) in very high-speed wireless 802.11 LANs IEEE Transactions on Wireless Communications, Volume: 9, Issue: 1 ,2010.,pp. 218 – 226.

8. **www.obitko.com** Посетен на 18.12.2012г.

USING GENETIC ALGORITHMS TO OPTIMIZE THE PERFORMANCE OF ADAPTIVE MECHANISM FOR AGGREGATION WITH FRAGMENT RETRANSMISSION

Valentin HRISTOV¹ Boris TUDJAROV²

¹Computer systems and technologies department, Southwest university "N.Rilski" - Blagoevgrad, Bulgaria

e-mail: v_hristov@swu.bg

²Design fundamentals department, Technical university - Sofia, Bulgaria

e-mail: bntv@tu-sofia.bg

Abstract: The purpose of this article is to propose an approach for using of genetic algorithms for determining the optimal number of packages so that delays of aggregation to be minimal. Numerical results are obtained for optimization of A-AFR aggregation mechanism with SMTP traffic, through which results the proposed approach is verified. Proposed in this article approach also allows through calculator of genetic algorithms to investigate the influence of the parameters and characteristics of the other types traffic on delays of A-AFR mechanism.

Keywords: delays of aggregation, genetic algorithms, internet traffic, A-AFR

МЕТОДИКА ЗА ОЦЕНЯВАНЕ НА КОНКУРЕНТНОСТТА НА ЛОГИСТИЧНАТА ТЕХНИКА ПРИ ПРОГНОЗИРАНЕТО ѝ

Алекси НИКОЛОВ Николай КАЗАКОВ

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

e-mail: alexi.nicolov@gmail.com, e-mail: nkazakov@tu-sofia.bg

Резюме: В настоящата статия е предложена методика за оценяване конкурентоспособността на вилковите повдигачи посредством оценяване на техните количествени и качествени параметри. Поставена е теоретична основа за определяне на конкурентността на даден продукт с цел подпомагане на проектирането на бъдещи и оптимизирането на настоящи модели и конструкции с оглед повишаването ѝ.

Ключови думи: логистика, прогнозиране, конкурентоспособност, вилкови повдигачи

1. ОЦЕНКА НА ТЕХНИЧЕСКАТА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТ НА КА-РИТЕ

Конкурентоспособността на българската икономика е приоритет. Тя има финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на конкурентоспособността на българската икономика“ 2007-2013, съфинансирана от Европейския съюз. Тази конкурентоспособност се изразява в конкурентоспособността на продуктите които тя произвежда.

Самата конкурентоспособност на даден продукт може да се дефинира като относителното му представяне в пазарно отношение спрямо други, сходни по качества и параметри продукти. С други думи, конкурентоспособността определя доколко един продукт е предпочитан от потребителите спрямо други подобни такива или, по-точно, неговият пазарен дял. Пазарният дял на даден продукт може да варира, в зависимост от много фактори, които следва да бъдат анализирани внимателно от производителите. Тези фактори могат да бъдат глобални или локални. Глобалното превъзходство на даден производител в никакъв случай не означава, че неговите продукти са най-предпочитани на локално ниво.

Известно е, че след сегментиране на пазара е необходимо избор на конкретни типове кари за производство. Единственото условие е конкурентоспособност на продукта. Ето защо цел на настоящата статия е да предложи методика за оценяване конкурентоспособността на вилковите

повдигачи. Тя ще послужи при прогнозирането на параметрите на логистичната техника.

Съществуват различни разработки в това направление. В [1] са показани редица финансови показатели засягащи конкурентоспособността на продуктите в процеса на иновации. С помощта на тегловни коефициенти е определена обобщаваща оценка за очакваната полезност на процесните иновации за предприятието. В [2] е разгледана фирмената конкурентоспособност и са посочени редица финансови показатели. В [3] обект на изследване е фирма, нуждаеща се от оценка на нейната конкурентоспособност. Важен елемент е оценката на надеждността на всеки от произведените продукти, за което са събрани необходимите статистически сведения, определени очакванията на клиентите и изчислени параметрите на надеждността. Анализирани са получените стойности, и е направена обща оценка на надеждността, като фактор за конкурентоспособността на фирмата. В [4] са посочени различни показатели в т.ч. и сумарни с които финансово се оценява конкурентоспособността на туристическия продукт.

В настоящата статия ще се спрем на оценката с количествени и качествени параметри на конкурентоспособността на вилковите повдигачи. Съществуват различни класификации на параметрите на логистичната техника, и в частност на карите [5,6]. При разглеждането на машините ще разграничим 3 типа параметри – количествени, качествени и относителни, които ще бъдат основа при изграждането на методиката за оценяването им.

Важен елемент от конкурентоспособността на машините е тяхната иновативност. Един от факторите, които могат да бъдат пряко мерило за стремежа на фирмите към създаване на конкурентоспособни и иновативни продукти, е броят на издадените патенти в конкретна област и за конкретно приложение. Това е фактор, който пряко показва доколко се работи в посока повишаване на конкурентоспособността на изделията. Създаването на нови продукти или структурни елементи винаги се предхожда от патентно проучване, което дава информация доколко е работено в тази област и какви са тенденциите при развитие на този продукт или други, сходни на него. При това проучване трябва да се отдели внимание на дълбочината на времеви период започвайки от момента на проучването и на размера на времевите интервали. Оценяването на иновативността може да се извърши посредством анализ на патентите и публикациите в дадената област, свързани с конкретното изделие. Подробен модел за такова оценяване е описан в [9].

2. МЕТОДИКА ЗА ОЦЕНЯВАНЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТТА НА ВИЛКОВИ ПОВДИГАЧИ

2.1 Събиране на данни и техният анализ

Наличието на достатъчно количество данни, като технически параметри на машини, свързани с безопасността и конструктивните възможности при проектиране, патенти и др. е от изключителна важност при изготвянето на оценка на конкурентоспособността на машината. Колкото е по-голям обемът на данните за всеки времеви интервал и дълбочината на времеви период, толкова по-точна би била оценката. За тази цел се прилагат автоматизирани WEB базирани системи създаващи класифицирана по желани групи и категории информация. Изключително удобни са системите ориентирани към XML, които да организират информационен обмен между фирмата от една страна и информационните източници

(патентните служби и т.н.) от друга. Чрез XML информацията се представя в дървовидна (йерархична) структура при спазването на определените в стандарта на World Wide Web Consortium (W3C) синтактични правила, което съответствува на структурата на информацията в горепосочената система. Един от най-мощните интерфейси на достъпа към XML документите е DOM (Document Object Model). Тъй като логистичните системи са динамични и отворени, то и WEB – базирана информационна система притежава същите системни свойства чрез специализирани Web приложения. [7,8].

2.2 Определяне на основните параметри, на базата на които ще се оценява конкурентоспособността

Всяка една машина притежава редица параметри, от които някои са водещи, а други са функционално свързани с тях. Главните параметри, по които се избира един вилков повдигач са товароносимостта му и височината на подем. На тази база всички останали параметри попадат в определени граници, в зависимост от конструкцията на машината, типа на двигателя, оборудването и др. При оценяването на конкурентоспособността на машината посредством информационна система е необходимо да има възможност за задаване (определяне) на основни параметри, един или повече, на база на което данните се филтрират и се определят областите, в които попадат стойностите на параметрите. Математическият израз на значението на всеки параметър се определя чрез тегловни коефициенти.

Параметрите на вилковите повдигачи са товароподемност, височина на подем, скорост, сигурност, ергономия и дизайн, енергоемкост, маса, геометрични размери и други. Елементите на машината влияят на тези параметри. Прави се таблица за всичките параметри, която отчита и данните на конкурентните фирми (табл.1). След попълването и се определят основните параметри (тези с най-голяма тежест за конкуренцията).

табл.1 Примерна таблица за стойности на конкретни параметри при конкурентите

№	Параметър	Елемент	Теглови коефициент	Производител t_{kj}	Конкурент 1 t_{kj}	Конкурент 2 t_{kj}
1.1	Товароподемност	Двигател				
1.2		Подемна				

		уредба				
1.3		Хидр. система				
1.4		Спир. система				
1.5		Дизайн				
1.6		Корпус				
1.7		Управл. система				
2.1	Скорост	Двигател				
2.2		Подемна уредба				
2.3		Хидр. система				
2.4		Спир. система				
2.5		Дизайн				
2.6		Корпус				
2.7		Управл. система				
...

2.3 Определяне на оценъчните области

На база на определените основни параметри следва да се определят областите, в които попадат останалите, функционално свързани параметри. При количествените параметри тези области се определят на базата на ограничения, свързани с конструктивните възможности, както и ограничения, касаещи безопасността. При качествените параметри няма конкретна стойност, която да може да бъде оценявана. Определянето на оценката става на база на статистически данни, а оценъчната област се задава с разпределението на честотите на задаването на отделните качествени параметри като определящи за качеството на машината.

2.4 Изготвяне на прогноза за изменението на стойността на разглеждания параметър

На основа на събраните данни се изготвят прогнози, проследяващи очакваното развитие на стойността на параметъра в бъдеще и тази прогноза се използва като допълнителен фактор при оценяването на параметъра.

2.5 Оценяване на параметрите

Чрез статистическия модел се прави оценка на стойността на всеки отделен параметър.

2.6 Обща оценка на продукта

Общата оценка $T^{обща}$ се задава като сума от всички оценки на отделните параметри:

$$T^{обща} = \sum_{k=1}^m T_k = \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n K_{kj} t_{kj} \quad (1)$$

където K_{kj} са тегловни коефициенти за всяко t_{kj} на всеки елемент $(k=1,2,\dots,m)$ и $(j=1,2,\dots,n)$.

Подходът може да се използва и за всеки параметър за сравнение с конкурентните модели.

3. ОЦЕНКА НА КОЛИЧЕСТВЕНИ ПАРАМЕТРИ

За да бъде един продукт конкурентоспособен, трябва неговите параметри да отговарят на определени изисквания на потребителите и да задоволява нуждите им. Т.е. бихме могли да кажем, че един продукт е конкурентоспособен когато е качествен. Качеството на продукта е характеристика, строго индивидуална за всеки потребител, но вследствие на дългогодишни наблюдения и анализи могат да се разработят единни норми, според които продукт, отговарящ на дадени условия, може да се счита за качествен.

Съществуват редица норми със които различните държави определят изискванията на граничните стойности на някои параметри на карите.

В Русия съществува единна норма на параметрите на универсалните вилкови повдигачи, които следва да се съблюдают, за да се определи един продукт като качествен, която е разработена от Министерството на автомобилната промишленост на СССР и влиза в сила на 20 декември 1985 г. под наименование ГОСТ 4.393-85 „Система показатели качества продукции Автопогрузчики Вилочные общего предназначения. Номенклатура показателей“ – Държавен стандарт на СССР, действащ и към момента.

Качеството на вилкови повдигачи се определя от неговите параметри, а за да можем да определим доколко той отговаря на тези условия, трябва да имаме определени граници на тези параметри. ГОСТ 4.393-85 не дава стойности, които да се спазват, а само посочва параметрите, които са пряко свързани с качеството на универсалните вилкови повдигачи.

Основни технически изисквания по отношение на безопасността на продуктите са дадени в други стандарти като ISO 13563-1:2001 „Single side loading fork-lift trucks - Part 1: Stability tests“ – Тестове за стабилност на едностранно товарещи вилкови повдигачи.; БДС ISO 6292:2010 “Самостоятелни индустриални кари и влекачи. Спирачна ефективност и якост на елементите на спирачката”, както и други стандарти, касаещи отделните елементи като сменяеми съоръжения, двигатели, електрообзавеждане, ергономичност, маркировка и др.

Всички тези изисквания са задължителни и трябва да залегнат при разработване на кари за съответната страна. Ето защо тяхното изследване, анализиране и групиране са необходими за всеки производител.

Би могло да се каже, че границите на стойностите на количествените параметри могат да се разделят на следните два вида:

- Зависими от условията за безопасност O_b – определени от стандартите
- Зависими от технически ограничения O_m – определени на база на техническата възможност за изпълнение.

Тези условни видове ограничения са функция на времето и могат да варират, като честотата на изменение не е постоянна. Например, при създаване на нова технология или материали с различни характеристики, биха могли значително да се повишат конструкционните възможности, при което, в дадения момент от време се получават различни стойности на техническите ограничения в сравнение с предния период от време. Аналогично, например, при влизането в сила на нов стандарт за безопасност, въпреки техническите възможности за изпълнение, даден параметър не трябва да превишава определена стойност, което стеснява оценъчната граница.

Следователно, във всеки един момент от време t_i имаме минимална O_i^{\min} и максимална O_i^{\max} граница на стойността на параметъра X_i ($i=1,2,\dots,n$), посредством които можем да извършим оценка за неговото качество. Горната граница на ограничението се задава с по-малката стойност на горните граници на двете ограничения:

$$O_i^{\max} = \min\{O_{\delta i}^{\max}, O_{T_i}^{\max}\}; (i=1,2,\dots,n) \quad (2)$$

Долната граница на ограничението се задава с по-голямата стойност на долните граници на двете ограничения:

$$O_i^{\min} = \max\{O_{\delta i}^{\min}, O_{T_i}^{\min}\}; (i=1,2,\dots,n) \quad (3)$$

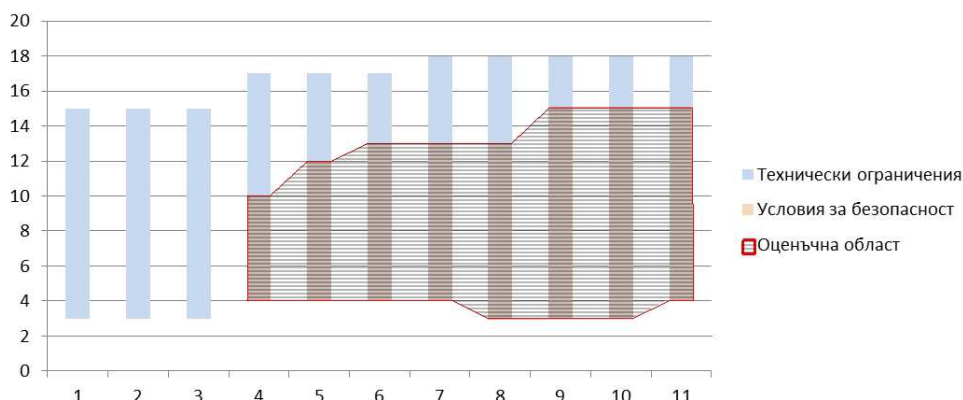
Така получената област във всеки един времеви период с максимална и минимална стойност, притежава средноаритметична стойност, която ще бъде използвана за база за оценяване:

$$O_i^{cp} = \frac{O_i^{\min} + O_i^{\max}}{2} \quad (4)$$

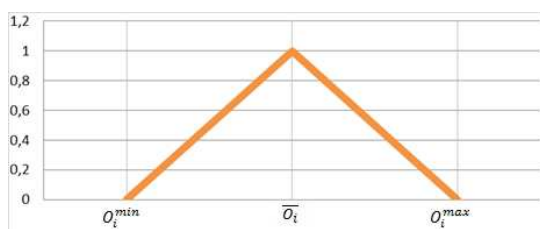
Относителната оценка T_i^{omn} на параметъра би могла да се зададе като отношение на абсолютната стойност на отклонението спрямо тази средна стойност към средната стойност на областта. Оформя се област, в която колкото е по-близо стойността на параметъра до средната стойност, толкова е по-висока оценката, като максималната ѝ стойност е 1 (фиг. 2).

Ако в даден момент t_i имаме стойност на параметъра x_i , то са възможни два случая:

1. $X_i > \bar{O}_i$, тогава относителната оценка T_i^{omn} ще бъде:



фиг.1 Оценъчна област на параметър по времеви периоди, ограничена от технически и безопасностни условия



фиг.2 Относителна оценка $T_i^{отн}$ на параметъра

$$T_i^{отн} = \frac{O_i^{max} - x_i}{O_i^{max} - O_i^{cp}} \quad (5)$$

2. $x_i < \bar{O}_i$, тогава относителната оценка $T_i^{отн}$ ще бъде:

$$T_i^{отн} = \frac{x_i - O_i^{min}}{O_i^{cp} - O_i^{min}} \quad (6)$$

За целите на конкурентоспособно проектиране, следва да се търси по-висока относителна оценка за параметъра, т.е. доближаването на стойността му максимално до средната стойност O_i^{cp} .

В тази връзка при оценяването конкурентоспособността на продуктите следва да се въведе коефициент за иновативност на дадения елемент. Всеки един параметър на машината може да бъде функция от един или повече елементи на машината. Иновативността зависи пряко от броя на издадените патенти за даден структурен елемент или машината като цяло. Следователно, този фактор може да бъде пряко мерило за оценяването ѝ. За да можем да оценим иновативността на

даден параметър, следва да го анализираме, за да определим от кои структурни елементи на машината той е функция, т.е. кои елементи на машината определят стойността на този параметър. След извършване на анализа и определяне на елементите, определящи параметъра, следва да се направи проучване на множеството на патентите, свързани пряко с тези конструктивни елементи и данните да се анализират статистически.

4. ОЦЕНКА НА КАЧЕСТВЕНИ ПАРАМЕТРИ

Качествените параметри сами по себе си не съдържат стойност и затова те не могат да бъдат оценени директно. Тяхното оценяване е необходимо, тъй като косвено те могат да влияят на някои количествени параметри, функционално свързани с тях. Например, тип на използваното гориво (функционално свързан с енергоемкостта, влиянието върху околната среда, достиганите скорости и моменти, а от там и производителност и др.), вид на трансмисията система (функционално свързан с точността на позициониране, маневреността и др.) и други.

Оценяването на качествените параметри извършваме чрез статистическо проучване посредством анкетни карти, съдържащи оценки на важността на отделните качествени параметри по скала от 1 до 5 на потребители, производители и дистрибутори. Получените данни се анализират.

Оценката на разглеждания параметър получаваме като средната оценка от всички анкетни карти умножим по тегловен коефициент, който е

равен на отношението на средната оценка на дадения параметър към средната стойност на оценките на всички параметри в анкетната карта. Тоест, този тегловен коефициент показва значимостта на дадения параметър спрямо всички останали по мнение на експерти. Тоест, ако са дадени параметрите $X_1, X_2, X_i, \dots, X_n$, то:

$$T_i^{cm} = \bar{T}_i K_i^T = \bar{T}_i \cdot \frac{\bar{T}_i}{\bar{T}} = \frac{\bar{T}_i^2}{\bar{T}} \quad (7)$$

където: T_i^{cm} е статистическата оценка на i -тия параметър; \bar{T}_i е средната анкетна оценка на i -тия параметър и:

$$\bar{T}_i = \frac{\sum_{j=1}^m T_j}{m}, \quad (8)$$

където m е броят на анкетираните; K_i^T е тегловен статистически коефициент и

$$K_i^T = \frac{\bar{T}_i}{\bar{T}}, \quad (9)$$

където \bar{T} е средната оценка от всички оценени параметри.

5. ИЗВОДИ

Оценяването на конкурентоспособността на машините в предпроектен етап е от съществено значение за развитие на производството. В настоящия труд е предложена теоретична основа на методика за оценяване на конкурентоспособно-

стта на вилкови повдигачи при прогнозиране на параметрите им.

Литература

1. **Янкова В.** Методика за оценка на иновационни алтернативи. Научни трудове на русенския университет, РУСЕ, 2011, том 50, серия 5.1.с.129-134.
2. **Велев М.** Оценка и анализ на фирмената конкурентоспособност. София, Софттрейд, 2004.
3. **Димова Д.** Един подход за прилагане на статистически методи за оценяване на надежността, като фактор за конкурентоспособност на фирмата. XVII ННТК с международно участие „АДП-2008”, с.407-414.
4. **Рибов М.В.** Търсене на възможност за квантифициране конкурентоспособността на туристическия продукт. Тракия – М. С., 2003, с. 306 – 358
5. **Казиков Н., Николов А.** Прогнозиране параметрите на логистична техника. София, Българско списание за инженерно проектиране.№5, 2010.стр.43-50.
6. **Казиков Н., Николов А.** Прогнозиране масовия коефициент при карите. Българско списание за инженерно проектиране № 6, София, 2010, стр.25-32.
7. **Казиков Н.** Формиране на WEB-базирана информационна система за активи от патентни знания при прогнозиране на логистична техника. Българско списание за инженерно проектиране, №12, 2012, стр.41-49.
8. **Туджаров Б., Н. Казиков.** Web – базирани подход и средства за оптимизиране на логистична техника чрез структуриране на активи от знания, НСТех 2008, София, 30-31 октомври 2008.
9. **Cho, Pgu.** Assessing a relative technological competitiveness using patent and paper information at the country level: Model and application in mobile communications, 23rd European Regional Conference of the International Telecommunication Society, Vienna, Austria, 1-4 July 2012.

METHODOLOGY FOR EVALUATION OF THE COMPETITIVENESS OF LOGISTICS EQUIPMENT WITHIN IT'S FORECASTING

Alexi NICOLOV Nikolay KAZAKOV

Logistics engineering department, Technical University-Sofia, Bulgaria

e-mail: alexi.nicolov@gmail.com, e-mail: nkazakov@tu-sofia.bg

Abstract: In this article we suggest a methodology for evaluating the technical competitiveness of forklift trucks by assessing their quantitative and qualitative parameters. A theoretical basis is served for defining the competitiveness of a particular product to aid designing of future and optimizing current models and constructions in order to increase it.

Keywords: logistics, forecasting, competitiveness, forklift-trucks

КИНЕТОСТАТИКА И К.П.Д. НА ТРАНСМИСИЯ СЪСТАВЕНА ОТ ЗАТВОРЕН ДИФЕРЕНЦИАЛЕН ЗЪБЕН МЕХАНИЗЪМ И ФРИКЦИОНЕН ВАРИАТОР

Костадин СТОИЧКОВ Явор СОФРОНОВ

катедра „Теория на механизмите и машините”. Технически университет –София, България
e-mail: kks@tu-sofia.bg

Резюме: В работата е направен анализ на кинетостатиката на трансмисията, изведени са зависимостите, даващи възможност за определяне на въртящите моменти, натоварващи определени звена от механизма. Определен е к. п.д. на трансмисията. Показана е връзката между изменението на предавателното отношение на вариатора и измененията на въртящите моменти и коефициента на полезно действие.

Ключови думи: трансмисия, вариатор, затворен диференциален механизъм.

1. УВОД

В работата [1] е направен кинематичен анализ и синтез на трансмисионен механизъм съставен от затворен диференциален зъбен механизъм и фрикционен вариатор тороиден тип. Структурата на разглежданата схема (фиг.1,[1]) е такава, че входящото, междинното и изходящото звено на вариатора образуват затварящата верига на диференциалния механизъм. Поради това, че предавателното отношение на затвореният диференциален механизъм се влияе от предавателното отношение на затварящият механизъм, в следствие от изменението на предавателното число на вариатора ще се промени и това на цялата трансмисия. Благодарение на безстепенното изменение на предавателното отношение на вариатора се получава и безстепенно изменение на общото предавателно число на трансмисията и то в много голям диапазон. Забележително в случая е достигането на безкрайно голямо предавателно число т.е. спиране на изходящото звено при движение на входящото, без прекъсване на изхода. Това ни позволява да дадем заключение, дали разглежданият механизъм е кинематично подходящ за трансмисия между кинетичен акумулатор на енергия (маховик) и задвижващият мост на електромобил. Заключение-нията от анализът категорично показват, че в кинематично отношение механизмът е напълно подходящ за изпълнението на тази функция.

Настящата работа има за задача да установи какви са възможностите на механизма по отно-

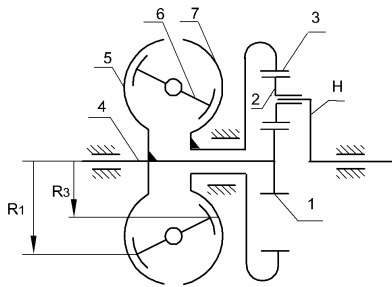
шение големината на предаваният въртящ момент, с цел разширяването на неговите евентуални приложения, например като главен превод на транспортна или технологична машина.

2. КИНЕТОСТАТИКА НА ТРАНСМИСИОННИЯ МЕХАНИЗЪМ

На фиг.1 е дадена кинематичната схема на разглежданата трансмисия, чието устройство и принцип на действие са следните: От входящият вал (4) до изходящият свързан неподвижно с водилото (H) движението се предава по два пътя. Единият - от неподвижно монтираното върху вал (4) зъбно колело (1) през сателитното зъбно колело (2) до водилото H свързано неподвижно с изходящият вал. Вторият - от монтираният върху вал (4) входящ тороид (5) на вариатора, през междинната ролка (6) към изходящият тороид (7) изработен заедно със зъбият венец (3), зацепен със сателитите (2) монтирани на водилото H. Двете движения се сумират върху водилото като предавателното отношение на трансмисията (i_T) [1] между входящата (ω_I) и изходящата (ω_H) ъглови скорости се дава от израза:

$$i_T = \frac{i_V(1+i_Z)}{i_V - i_Z} \quad (1)$$

Участващите в горният израз предавателни отношения i_Z и i_V , са съответно предавателното отношение на зъбният механизъм (i_Z) и на вариатора (i_V).



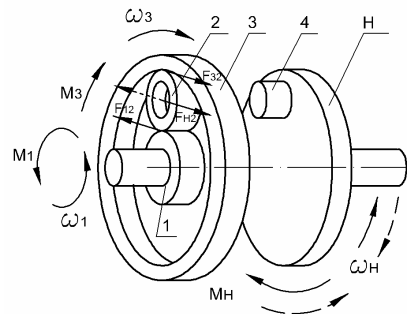
Фиг.1. Кинематична схема на затворен диференциален зъбен механизъм с фриксионен вариатор в затварящата верига.

В изразът (1) предавателните отношения на зъбният механизъм и вариатора са положителни числа, които се дават от равенствата $i_Z = z_3/z_1$ и $i_V = R_3/R_1$, където z_1 и z_3 е броят на зъбите на колелата 1 и 3, а R_1 и R_3 контактните радиуси на тороидите от вариатора (фиг.1)

Както се вижда от (1) при $i_Z > i_V$ предавателното отношение на трансмисията е положително, следователно входящият и изходящият вал имат еднопосочни ъглови скорости, докато при $i_Z < i_V$ предавателното отношение е отрицателно и посоките на въртене на входящото и изходящото звено са противоположни. От това следва, че при постоянна посока и големина на входящата ъглова скорост (ω_1) изменението на предавателното отношение на вариатора води до промяна както на големината така и посоката на изходящата - ω_H .

На фиг. 2 са дадени ъгловите скорости и въртящите моменти за звената на епицикличния механизъм от разглежданата трансмисия. Звената 1 и 3 са задвижващи, следователно ъгловите скорости ще са еднопосочни със съответните моменти действащи върху звената. Освен това ъгловите скорости на 1 и 3, като входящо и изходящо звено на тороиден вариатор са противоположни в следствие, от което ще са противоположни и моментите M_1 и M_3 . Поради това, че M_H е съпротивителен ще има посока противоположна на ω_H следователно при смяна на посоката на ω_H ще се сменя и посоката на M_H . На фиг.2 ъгловите скорости, сили и мо-

менти при $i_T > 0$ са дадени с пълтни стрелки, а при $i_T < 0$ с пунктирани.



Фиг.2. Ъглови скорости и въртящи моменти действащи върху звената на епицикличния механизъм

Имайки предвид, че лимитиращ за товароносимостта на разглежданата трансмисия е въртящият момент, който ще бъде предаван през фриксионния вариатор, основна задача на кинестатичният анализ ще бъде определяне на момента M_3 във функция от натоварването на изхода (M_H) и основните параметри на трансмисията.

От условията за равновесие на епицикличния механизъм (фиг.2) следва уравнението:

$$M_1 - M_3 \pm M_H = 0 \quad (2)$$

където знакът “+” пред M_H е в сила при $i_T < 0$, а знакът “-“ при $i_T > 0$. Ясно е също така, че при пренебрегване на вредните съпротивления, сумата от входящите мощности е равна на изходящата, което записано със съответните ъглови скорости и моменти

$$M_1 \omega_1 + M_3 \omega_3 = M_H \omega_H \quad (3)$$

След изразяване на M_1 от (2) и неговото заместването в (3) за двата режима на работа се получават следните уравнения :

$$\text{За } i_T > 0 - (M_3 + M_H) \omega_1 + M_3 \omega_3 = M_H \omega_H \quad (4)$$

$$\text{За } i_T < 0 - (M_3 - M_H) \omega_1 + M_3 \omega_3 = M_H \omega_H \quad (5).$$

След като горните две уравнения се разделят с ω_1 и отношенията на ъгловите скорости се запишат със съответните предавателни отношения

$\frac{\omega_3}{\omega_1} = \frac{1}{i_V}$; $\frac{\omega_H}{\omega_1} = \frac{1}{i_Z}$ от (4) и (5) след съответните преобразувания се стига до изразите:

$$\text{За } i_T > 0 \quad \frac{M_3^+}{M_H} = \frac{i_V(1-i_T)}{i_T(1+i_V)} \quad (6)$$

$$\text{За } i_T < 0 \quad \frac{M_3^-}{M_H} = \frac{i_V(1+i_T)}{i_T(1+i_V)} \quad (7)$$

Знаците “+” и “-“ съвпадат със знака на i_T , за който е в сила съответния израз. Заместването на (1) в (6) и (7) и съответните преобразувания и съкращения води до:

$$\frac{M_3^+}{M_H} = -\frac{i_Z}{1+i_Z} \quad (8)$$

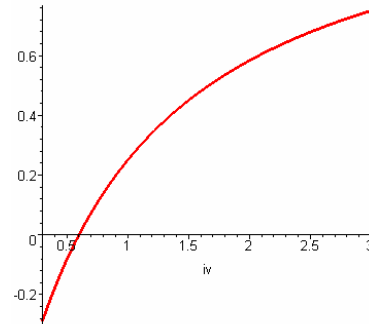
$$\frac{M_3^-}{M_H} = \frac{2i_V - i_Z(1-i_V)}{(1+i_V)(1+i_Z)}$$

Както се вижда от първото от уравненията (8) при положителните стойности моментът, който натоварва изхода на вариатора не зависи от предавателното отношение на вариатора, той е постоянен и неговата стойност се определя от предавателното отношение на зъбния механизъм. При отрицателните стойности на i_T натоварването, както се вижда от второто уравнение се изменя във функция от предавателното отношение на вариатора. За да се пресметне стойността M_3/M_H за положителните предавателни отношения и за да се начертае графика за отрицателните, е необходимо да се знае диапазона на изменение на предавателното отношение на вариатора и стойността на предавателното отношение i_Z . Диапазонът на изменение [3] на i_V може да се приеме от $i_{V \min} = 0,3$ до $i_{V \max} = 3$ от което следва, че предавателното отношение на зъбния механизъм трябва да е равно на едната от горните стойности. Това гарантира, че предавателното отношение на трансмисията i_T ще запазва знака си за целият диапазон на регулиране като при $i_Z = 0,3$ той ще бъде отрицателен, а при $i_Z = 3$ положителен. След заместване на съответните стойности може да се начертае графиката на вторият от изразите (8) и да се пресметне стойността на първият. На фигури 3а и 3б са дадени графиките на отношението M_3/M_H и пре-

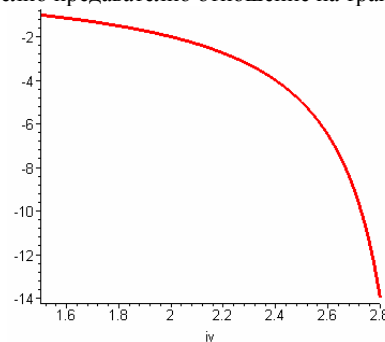
давателното отношение на трансмисията при $i_T < 0$, тоест при еднопосочно въртене на входящият и изходящият вал на трансмисията.

При заместване на $i_Z = 0,3$, в първото уравнение от (8), с което се гарантира работа на трансмисията само с положително предавателно отношение се получава, че моментът, който натоварва изхода на вариатора е само 23% от натоварването на изходящият вал на трансмисията, което е много благоприятно за вариатора. Както се вижда от фиг.3а при отрицателните предавателни отношения натоварването на вариатора се изменя с изменение на неговото предавателно отношение в границите от 20% до 60% процента от натоварването на трансмисията.

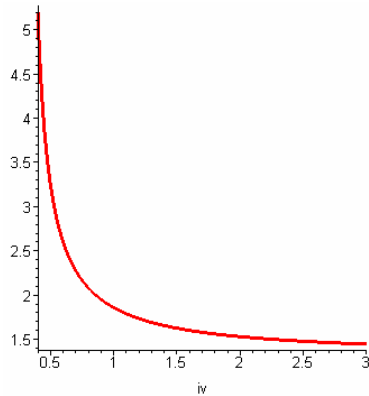
От друга страна при сравнение на графиките от фиг.3а и 4 се вижда, че за постигане на целия диапазон на регулиране на трансмисията при отрицателните предавателни отношения (фиг.3б) достатъчно изменение на i_V в рамките на $1,5 \div 3$ докато при положителните това изменение е $0,3 \div 3$.



фиг. 3а Графика на отношението $M_3/M_H(i_V)$ при отрицателно предавателно отношение на трансмисията



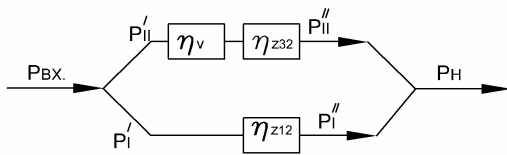
фиг.3б Графика на предавателното отношение на трансмисията при $i_Z = 3$



Фиг.4 Графика на предавателното отношение на трансмисията при $i_z = 0,3$

2.КОЕФИЦИЕНТ НА ПОЛЕЗНО ДЕЙСТВИЕ НА ТРАНСМИСИЯТА

За определяне на к.п.д. трансмисията се разглежда като механична система, включваща както последователно така и паралелно свързани модули по схемата изобразена на фиг.4.



Фиг.4 Схема за определяне к.п.д. на трансмисията

Както се вижда от схемата входящата мощност $P_{вх.}$ се разделя на два потока. Единият поток- P_I' е този , който минава през зъбните колела 1 и 2 , а другият през вариатора и зъбните колела 3 и 2. Този клон от схемата през , който минава потокът мощност P_I' включва само един механизъм (зъбната предавка 1-2) и неговият к.п.д. - η_I ще бъде равен на този механизма - η_{z12} . Другият клон от схемата включва последователно свързани два механизма – вариатор с к.п.д.- η_v и зъбен механизъм с к.п.д. η_{z32} , от което следва, че коефициентът на полезно действие - η_{II} на този клон ще бъде равен на произведението $\eta_v \cdot \eta_{z32}$. Коефициентът на полезно действие за разглежданата механична система, се определя [2] от изразът :

$$\eta_T = \frac{1}{\frac{q_I}{\eta_I} + \frac{q_{II}}{\eta_{II}}} , \quad (12)$$

където с q_I и q_{II} , са означени коефициентите на разпределение на мощността в двата клона.

Коефициентът на разпределение на мощността (q_i) за съответният клон се определя като отношение на изходящата мощност (P_i'') на клона към сумарната изходяща мощност на системата. Също така трябва да бъде спазено равенството

$\sum_{i=1}^n q_i = 1$. За коефициентът q_I е в сила равенството

$$q_I = \frac{\omega_1 M_1}{\omega_H M_H} . \quad (13)$$

Отношението на ъгловите скорости $\frac{\omega_1}{\omega_H}$ е предавателното отношение на трансмисията i_T , а за отношението на въртящите моментите M_1/M_H , като моменти приложени върху звена от епикличен механизъм [5] е в сила равенството:

$$\frac{M_1}{M_H} = \pm \frac{1}{(1+i_z)\eta_I} \quad (14)$$

След заместване на (14) в (13) за коефициентът q_I се получава :

$$q_I = \pm \frac{i_T}{(1+i_z)\eta_{z32}} . \quad (15)$$

Знакът в дясната страна на равенството се определя от знакът на предавателното отношение на трансмисията . При $i_T > 0$ знакът е отрицателен, при $i_T < 0$ -положителен.

Другия коефициент на разпределение на мощностите се определят от

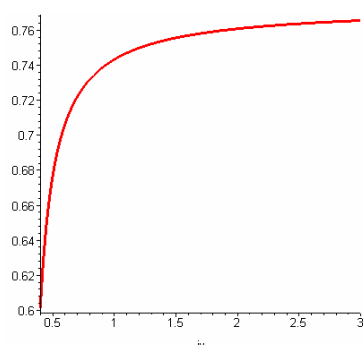
$$q_{II} = 1 \mp \frac{i_T}{(1+i_z)\eta_{z32}} \quad (16)$$

След заместване на (15) и (16) в (12) се стига до изразът за определяне к.п.д. на трансмисията

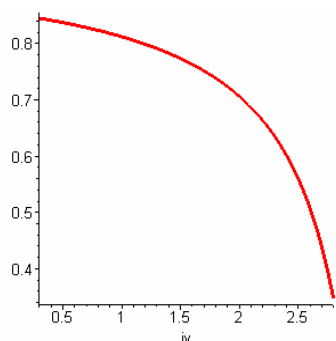
$$\eta_T = \frac{1}{\pm \frac{i_T}{(1+i_z)\eta_{z32}^2} \mp \frac{i_T}{(1+i_z)\eta_{z32}^2 \eta_v} + 1} \quad (17)$$

При заместване на (1) в (17) и като се приемат стойностите : $\eta_{Z32} = 0,95$ [4] и $\eta_V = 0,9$ [3] може да се начертаят графиките на изменение на к.п.д. на трансмисията във функция от предавателното отношение на вариатора.

На фиг.5 и фиг.6 са дадени графиките на η_T съответно при положително и отрицателно предавателно отношение на трансмисията.



фиг.5. Графика на функцията $\eta_T(i_V)$ за положително предавателно отношение на трансмисията



фиг.6. Графика на функцията $\eta_T(i_V)$ за отрицателни стойности на предавателното отношение на трансмисията

3. ИЗВОДИ

Разглежданията направени в настоящата работа водят до следните важни заключения: При подходящо подбрани параметри на трансмисията, а по точно предавателно отношение на зъбния механизъм и знак на предавателното отношение на трансмисията могат да се постигнат достатъчно добри за приложение в практиката резултати. Както се вижда от (8) при положително предавателно отношение i_T натоварването на вариатора е постоянно и със ниска стойност, а к.п.д. (фиг.5) е относително висок. Основният недостатък при работа с отрицателни стойности е ниската к.п.д.(фиг.6), преимуществото в този случай (фиг.3.б), е че целият диапазон на изменение на i_T се реализира при относително малко изменение на предавателното отношение на вариатора $i_V = 1,6 \div 3$.

Литература

1. Стоичков К., Софронов Я. Трансмисия за електромобил задвижван от кинетичен акумулатор на енергия включваща фриксионен вариатор и диференциален зъбен механизъм. АМТЕХ 2012, ТУ-София.
2. Вригазов А., Милков М., Павлов С. Теория на механизмите и машините. Издателство ТУ-София 1993г.
3. Пронин Б., Ревков Г. Бесступчатые клиноременные и фриксионные передачи. Машиностроение, Москва.
4. Андонов А. и др. Машинни елементи и механизми. АВС Техника 2002.
5. Кудрявцев В. Планетарные передачи. Машиностроение 1966.

FORCES ANALYSIS AND MECHANICAL EFFICIENCY OF TRANSMISSION MECHANISM INCLUDING C.V.T. AND TOOTH DIFFERENTIAL MECHANISM

Kostadin STOICHKOV Yavor SOFRONOV

Technical University - Sofia, Bulgaria,

e-mail: kks@tu-sofia.bg

Abstract: In the paper is made analysis of the forces and the moments acting on the elements in transmission mechanism. Found are the dependencies between these parameters and a transmission ratio. Obtained is a total mechanical efficiency of the mechanism as function from C.V.T ratio.

Keywords: transmission mechanism, C.V.T., differential tooth mechanism

EXPERIMENTAL RESEARCH OF ROUGHNESS VARIATION OF HIGH CONCENTRATED CERAMIC ALUMIUM OXIDE ON CIRCULAR CUTTING IN ABRASIVE JET MACHINING TECHNOLOGY

Horatiu BULEA

Manufacturing Engineering department, Transilvania University of Brasov, Romania
e-mail: bulea@unitbv.ro.

Abstract: This research is to analyse and define the standard conditions between different physic and technological parameters which give the surface quality of high aluminum oxide ceramic pieces on circular cutting in abrasive jet machining technology.

Keywords: Ceramic, aluminum oxide, cutting in abrasive jet machining, roughness variation

INTRODUCTION

Different pieces from mineral-ceramic materials, meaning aluminum oxide, can be produced at the final dimensions and form or they can achieve the final stage with different final procedures. The final goal of this research is to analyse and define the standard conditions between different physic and technological parameters which give the surface quality on circular cutting in abrasive jet machining technology for the aluminum oxide ceramic pieces.

THEORETICAL PART

An abrasive jet uses water that is pressurized up to 275×10^3 PA and driven through a small sapphire orifice at 762 m per second, or about two and a half times the speed of sound. Garnet abrasive is then pulled into this high-speed stream of water in a long carbide mixing tube. A stream of abrasive-laden water moving at 305 m per second exits the carbide tube. The abrasive strikes the material and cuts the material precisely.

On circular cutting in abrasive jet machining technology for non-metals, roughness quality fig.1 depends on:

- nozzle diameter (d)
- arc speed (v_a)
- water jet pressure (p)
- mixing tube diameter (d_t)
- abrasive grain (size, flow rate and hardness)
- water flow (Q)

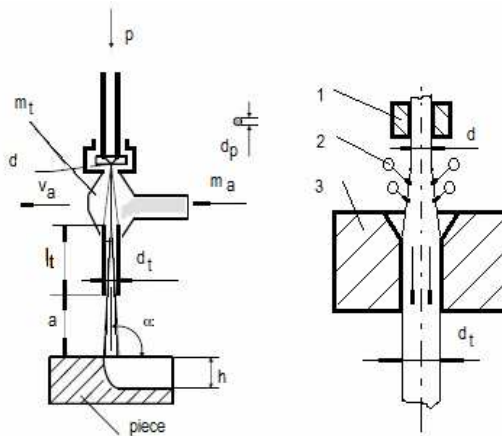


fig.1 Cutting in abrasive jet technology [1]

Are related by the equation Bernoulli and written at a point before water exit nozzle with d diameter and after water jet nozzle left it fig.1:

$$p/\rho = v_2^2/2 \quad (1)$$

Replacing the jet speed depending on flow, we have:

$$v_2 = Q/(\pi \cdot \frac{d^2}{4}) \quad (2)$$

Static pressure value (p) chamber pressure required to expel water flow (Q) through a nozzle diameter d is given by the relationship take:

$$p = (k \cdot \frac{\rho}{2}) \cdot (\frac{Q^2}{d^4}) \quad (3)$$

where: ρ - density of water at working pressures of 300 ... 400 MPa ($\rho = 1010 \text{ kg/m}^3$); k - coefficient of jet formation water loss / loss of local water nozzle hole ($k = 0.85 \dots 0.95$);

EXPERIMENTAL PART

The material used is a powder of aluminum oxide with purity of 99.56% with the average size of 18 μm granules mixed with an organic binder that volatilize at first heating, with density 2,37 kg/m^3 , porosity 5-7%, strength of breaking through traction 12 MPa, strength to compression 42 MPa, strength to breaking the flexural 7 MPa. The aluminium oxide powder was pressed with a pressure of 250 MPa, by directional obtained the cylindrical shape with height of 10 mm and a diameter of 25 mm.[5]



fig.2 Ceramic piece

Circular cutting in abrasivejet machining technology were performed on OMAX Precision JetMachining Center, and roughness were made on a brand-MAHR MarSurf XC 20.

The system parameters are presented in tab.1

table 1. Parameters values

Parameter	Values	Measure Units
Arc speed	1.75, 3.48, 4.50, 6.27, 9.99, 11.65	mm/min
Nozle diameter	0.2794 0.3013	mm
Pressure at nozzle	345 255	MPa
Abrasive flow rate	0.2948 0.2948	Kg/min
Mixing tube diameter	0.832 0.832	Mm
Abrasive size	80 80	μm

With the possibility of OMAX Precision Jet-Machining Center, system parameters have changed in the following order [2]:

- nozzle diameter(d)

- arc speed (v_a)
- water jet pressure (p)
- holle diameter (6mm,10mm)

The roughness parameter Ra was measured at three points in different areas of the workpiece processed surface and the values considered the arithmetic mean of three measured values. With each arc speed of work cape were made 20 cutting holes with $D2= 6[\text{mm}]$ diameter and 20 cutting holes with $D1= 10[\text{mm}]$ diameter ,and measure each time Ra parameter in the conditions presented above,results are presented in tab. 2 (values represent the average measurements in the three measurement points).

table 2 Ra values in the conditions presented above

Arc speed Va [mm/min]	Ra[μm] D1=10 [mm]		Ra[μm] D2=6 [mm]	
	d1=0.2794 [mm]	d2=0.3013 [mm]	d1=0.2794 [mm]	d2=0.3013 [mm]
	1.75	1.72	1.93	1.21
3.48	1.84	2.31	1.43	1.79
4.50	2.09	2.86	1.64	1.97
6.27	2.28	3.37	1.68	2.22
9.99	2.45	3.98	2.02	2.65
11.65	2.76	4.63	2.24	2.99

The measurement chart of $Ra[\mu\text{m}]$ parameter surface after circular cutting in abrasivejet in the conditions presented above, are presented in Fig.3 for arc speed $Va=4,5[\text{mm}/\text{min}]$ and hole diameter $D1=10[\text{mm}]$ for nozzle diameter $d1=0,2794[\text{mm}]$

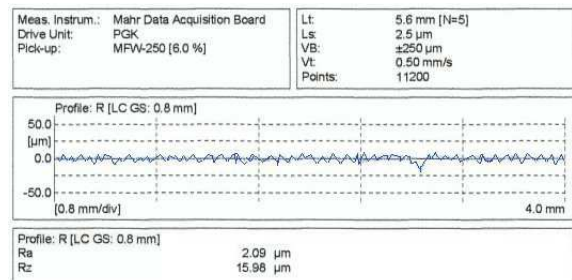


fig.3 Ra roughness measurement chart at arc speed of 4.5 [mm / min], $d1 = 0.2794$ [mm] for hole with $D1 = 10$ [mm]

The measurement chart of $Ra[\mu\text{m}]$ parameter surface after circular cutting in abrasivejet in the conditions presented above, are presented in fig.4 for

arc speed $Va=4,5[mm/min]$ and hole diameter $D=6[mm]$ for nozzle diameter $d1=0,2794[mm]$.

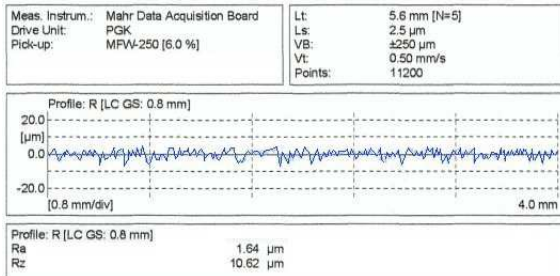


fig.4 Ra roughness measurement chart at arc speed of 4.5 [mm / min], $d1 = 0.2794$ [mm] for hole with $D2 = 6$ [mm]

The variation of $Ra[\mu m]$ parameter surface after circular cutting in abrasivejet in the conditions presented above, are presented in fig.5 for hole diameter $D1=10[mm]$ for two nozzle diameter $d1=0,2794[mm]$ and $d2=0,3013[mm]$.

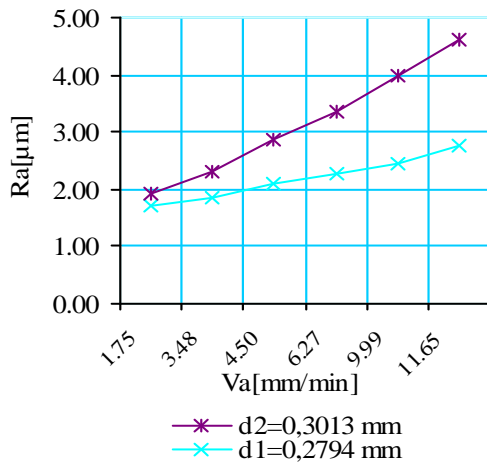


fig. 5 The dependence of $Ra[\mu m]$ from variation of arc speed $Va[mm/min]$ for two difrent nozzle diameters of $D1 = 10$ [mm] hols diameter

The variation of $Ra[\mu m]$ parameter surface after circular cutting in abrasivejet g in the conditions presented above, are presented in Fig.6 for hoe diameter $D2=6$ [mm] for two nozzle diameter $d1=0,2794[mm]$ and $d2=0,3013[mm]$.

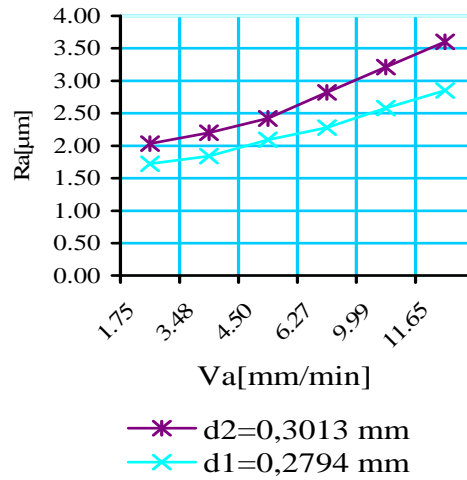


fig.6 The dependence of $Ra[\mu m]$ from variation of arc speed speed $Va[mm/min]$ for two difrent nozzle diameters of $D2 = 6$ [mm] hols diameter

CONCLUSIONS

The analysis results presented in tables and above graphs the following conclusions:

1. Ascending order of degree of influence of parameters on circular cutting in abrasivejet rectificare across the roughness Ra is nozzle diameter (d), arc speed (va), water jet pressure(p), holle diameter (6mm,10mm)

2. For constant nozzle diameter $d1=0.2794$ [mm], the variation of arc speed(va), from $Va= 1,75$ [mm/min] to $Va=11,65$ [mm/min], (6,6 time increase) increase roughness Ra from $Ra =1,72[\mu m]$ to $Ra =2,76) [\mu m]$ for 1,6 time when the cutting hole diameter is

3. For constant nozzle diameter $d2=0.3013$ [mm], the variation of arc speed (va), from $Va= 1,75$ [mm/min] to $Va=11,65$ [mm/min], (6,6 time increase) increase roughness Ra from $Ra =1,93[\mu m]$ to $Ra =4.63) [\mu m]$ for 2,4 time when the cutting hole diameter is

4. For constant nozzle diameter $d1=0.2794$ [mm], the variation of arc speed (va), from $Va= 1,75$ [mm/min] to $Va=11,65$ [mm/min], (6,6 time increase) increase roughness Ra from $Ra =1,21[\mu m]$ to $Ra =2.24) [\mu m]$ for 1,8 time when the cutting hole diameter is $D2=6$ [mm]

5. For constant nozzle diameter $d2=0.3013$ [mm] the variation of arc speed(va), from $Va= 1,75$

[mm/min] to $Va=11,65$ [mm/min], (6,6 time increase) increase roughness Ra from $Ra = 1,52$ [μm] to $Ra = 2,99$ [μm] for 1,9 time when the cutting hole diameter is $D2=6$ [mm]

6. To each constant arc speed (va), from $Va=1,75$ [mm/min] to $Va=11,65$ [mm/min], (6,6 time increase) Ra roughness is higher for cutting hole diameter $D1=10$ [mm] than for cutting hole diameter $D2=6$ [mm]

7. To each constant arc speed (va), from $Va=1,75$ [mm/min] to $Va=11,65$ [mm/min], (6,6 time increase) Ra roughness is higher for nozzle diameter $d2=0.3013$ [mm] than for nozzle diameter $d1=0.2794$ [mm]

8. The maximum increase of roughness Ra are from $Ra = 2,76$ [μm] to $Ra = 4,63$ [μm] from nozzle diameter $d1=0.2794$ [mm] to nozzle diameter $d2=0.3013$ [mm] at arc speed $Va=11,65$ [mm/min], when the cutting hole diameter is $D1=10$ [mm]

9. The minimum increase of roughness Ra are from $Ra = 1,72$ [μm] to $Ra = 1,93$ [μm] from nozzle diameter $d1=0.2794$ [mm] to nozzle diameter $d2=0.3013$ [mm] at arc speed $Va= 1,75$ [mm/min], when the cutting hole diameter is $D1=10$ [mm]

10. The most important conclusion resulting from the experiments is that roughness Ra increase when the nozzle diameter, cutting hole diameter, and arc speed increases.

Refernces

1. **E. Herghelegiu, M. Radovanovic, Gheorghe Brabie & Nicolae Catalin** Tampu, Influence of abrasive material quantity on surface quality generated by abrasive water jet operation, International Journal of Modern Manufacturing Technologies, pages 43-48, ISSN 2067-3604, Vol. III, No. 2 / 2011
2. **Radovanovic, M.**, (2005). Abrasive Water jet Machining, Seventh International Scientific Conference "Smolyan-2005", pp. 229-234, Smolyan, Bulgaria.
3. **Janković, P., Radovanović, M.**, (2008). Water Quality Used By Water Jet Machines, Annals of the Oradea University, Fascicle of Management and Technological Engineering, Volume VII (XVII), pp.1534 – 1538
4. **V.A. Doroganov, I. E. I. Evtushenko, I. and Yu. E. Pivinskii**. *Refractories and Industrial Ceramics* Vol. 48, No. 1, 2007.
5. **Carlone P., Palazzo G. S.**, Cold compaction of ceramic powder: computational analysis of the effect of pressing method and die shape, *International Applied Mechanics*, Vol. 43, No. 10, 2007

МЕТОДИКА ЗА ОЦЕНКА НА КАЧЕСТВОТО НА КОМФОРТ ПРИ ПЪТУВАНЕ С АСАНСЬОРИ

Калин ЧУЧУГАНОВ Георги ИЛИЕВ

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

e-mail: chuchuganov@tu-sofia.bg, e-mail: giliev@tu-sofia.bg

Резюме: Целта на настоящата работа е разработване на методика за оценка на качеството на комфорт при пътуване с асансьори. От направения преглед на съществуващите материали и стандарти свързани с темата са определени параметри със съответните им допустими стойности чрез който еднозначно да се оценява качеството на комфорт на влезли в експлоатация асансьори. За целите на методиката е реализирана измервателна система със специализиран софтуер, даващ възможността за визуализиране и записване на данните необходими за оценката.

Ключови думи: асансьор, комфорт при пътуване, измервателна система, оценка

Целта на настоящата работа е съставяне на методика за оценка на качеството на комфорт при пътуване с асансьори. Основно под оценка на комфорта се има предвид изследването на динамичните процеси, които протичат по време на пътуването. Съответно това означава измерване и оценяване на основни параметри характеризиращи даденият процес спрямо дефинирани допустими стойности.

I. ДИНАМИЧНИ ПРОЦЕСИ И ОСНОВНИ ПАРАМЕТРИ

Основно при оценка на качеството на комфорт се изследват следните процеси:

1. Преходни процеси – това са процесите при потегляне, преминаване от висока към ниска скорост и спирането на асансьорната кабина на етажната площадка. Параметрите, които характеризират преходния процес са:

- ускорение при потегляне – a [m/s^2];

- закъснение при прехода – d_{np} [m/s^2];

- закъснение при спиране – d_c [m/s^2];

- първите производни на ускорението и закъсненията – ap , dp_{np} , dp_c [m/s^3].

2. Динамични процеси по време на установеното движение – това е движението без промяна на скоростта след процеса на ускорение и преди момента на понижаване на скоростта между две етажни нива в сградата. Параметрите, които характеризират процеса са:

- нивата на вибрационните ускорения по трите координатни оси – a_{vx} , a_{vy} , a_{vz} [m/s^2].

II. ДОПУСТИМИ ГРАНИЦИ НА ПАРАМЕТРИТЕ, ХАРАКТЕРИЗИРАЩИ КОМФОРТА

От направеното литературно проучване по темата бяха намерени отделни материали отнасящи се до качеството на комфорт, но в по-голямата си част те са насочени към решението на конкретен проблем възникнал в даден възел от асансьорната конструкция. Също така в някои от материалите има цитирани препоръчителни стойности на отделни параметри отнасящи се до комфорта при пътуване, които се различават в зависимост от конкретния производител. По темата съществува и ISO стандарт, отнасящ се за комфорта при пътуване (ISO/DIS 18738:2003), но в него единствено са оказани параметрите, които трябва да се измерят и методите, по който да се анализират.

От направеното проучване по темата са обобщени граничните стойности на параметрите, както и нивата при оценка на комфорта при пътуване – таблица 1.

табл.1 Гранични стойности на основните параметри при оценка на комфорта при пътуване с асансьори

Оценка на качеството на комфорт			
	Отлично(1)	Добро(2)	Незадоволително(3)
a, d [m/s^2]	$a, d < 1$	$1 < a, d < 1.5$	$1.5 < a, d$
ap	$ap < 2$	$2 < ap < 4$	$4 < ap$

[m/s ³]			
a _v [m/s ²]	a _v < 0.1	0.1 < a _v < 0.3	0.3 < a _v
L _c [dB]	L _c < 40	40 < L _c < 60	60 < L _c

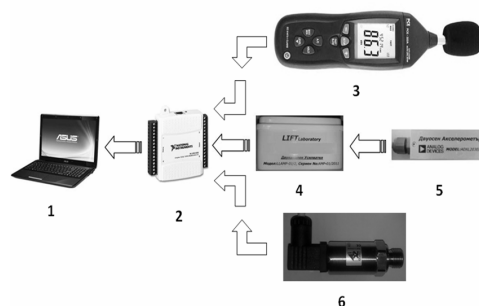
Диапазон на измерванията: a_v – [0÷100Hz]; L_c – скала „А“.

Освен параметрите характеризиращи процесите за оценката на комфорта при пътуване, от съществено значение е и новото на шума (L_c[dB]), което асансьорната система излъчва по време на работата си. За тази цел освен динамичните параметри се замерва нивото на шум в кабината по време на целият цикъл на асансьора. От началният момента на затваряне на вратите до пълното им отваряне при достигане на желаният етаж съгласно споменатият по-горе стандарт.

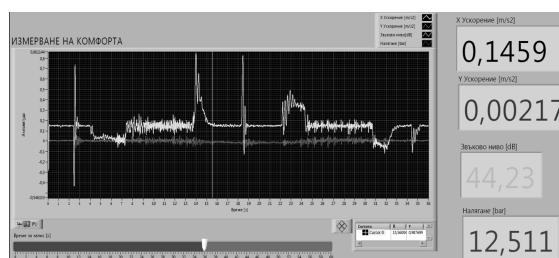
III. ИЗМЕРВАТЕЛНА СИСТЕМА ЗА ИЗМЕРВАНЕ КАЧЕСТВОТО НА КОМФОРТ

За да бъде възможно сравняването на реалните параметри характеризиращи комфорта с допустимите е необходимо те да се измерят и запишат. Това ще даде възможност за анализирането им и съответно съставянето на крайната оценка за качеството на комфорт на конкретният асансьор. За тази цел е създадена специализирана мобилна измервателна система за измерване на качеството на комфорт – ERQMMS (Elevators Ride Quality Mobile Measurement System). Структурната схема, на която е показана на фигура 1, където: 1 - преносим компютър със специализиран регистриращ софтуер; 2 - аналогово-цифров преобразувател; 3 - шумомер; 4 - усилвател; 5 - датчик за измерване на ускорение; 6 - датчик за измерване на налягане (опция предназначена за хидравличните асансьори).

За да се гарантира точността на измерванията, отчитащите датчици са подбрани съгласно изискванията на стандарта и притежават необходимите тарифовачни свидетелства от специализирана лаборатория. Друг не по-маловажен елемент от измервателната система е начинът за регистриране и записване на измерените величини. За тази цел е създаден специализиран софтуер програмирането, на който е извършено в графичната среда на програмният продукт LabView. Основният изглед на софтуера е показана на фигура 2.



Фиг.1 Мобилна измервателна система за измерване на качеството на комфорт ERQMMS – структурна схема



Фиг.2 Регистриращ софтуер на ERQMMS

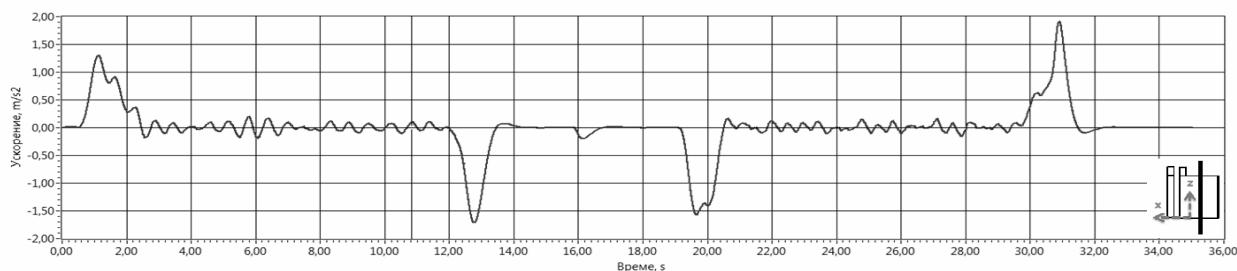
IV. ОЦЕНКА НА КАЧЕСТВОТО НА КОМФОРТ

При оценяването на качеството на комфорт се спазва следната последователност от действия:

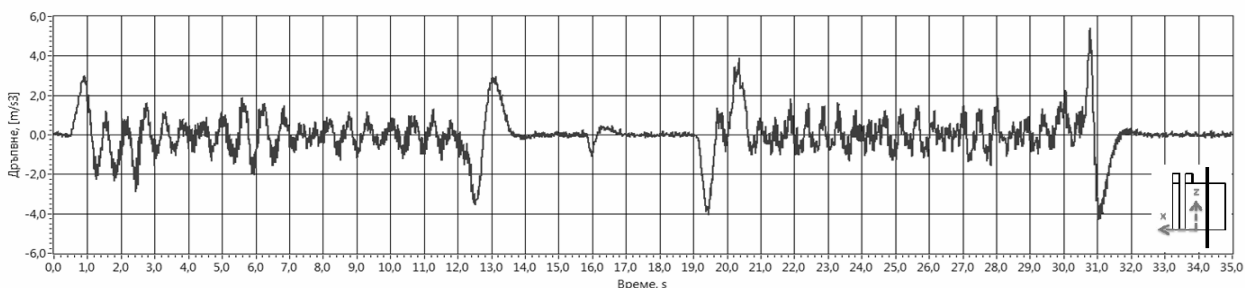
1. Записват се основните технически данни на асансьора, които са:
 - 1.1 Вида на задвижването
 - електрическо (едноскоростно, двускоростно, честотен регулатор);
 - хидравлично (механично или пропорционално управление на клапанный блок, честотен регулатор);
 - 1.2 Схема на окачване на кабината;
 - 1.3 Номинална скорост;
 - 1.4 Товароподемност;
 - 1.5 Предназначение на сградата в която е монтиран.
2. Измерват се основните величини за оценка на комфорта – ускорения, закъснения, първи производни, вибрационни ускорения и шум;
3. Извършват се анализ на получените резултати (сравнение с допустимите стойности - табл.1);

4. Съставя се експертно заключение за качеството на комфорт (в заключението може да се запише и евентуалната причина в случай на некомфортно пътуване).

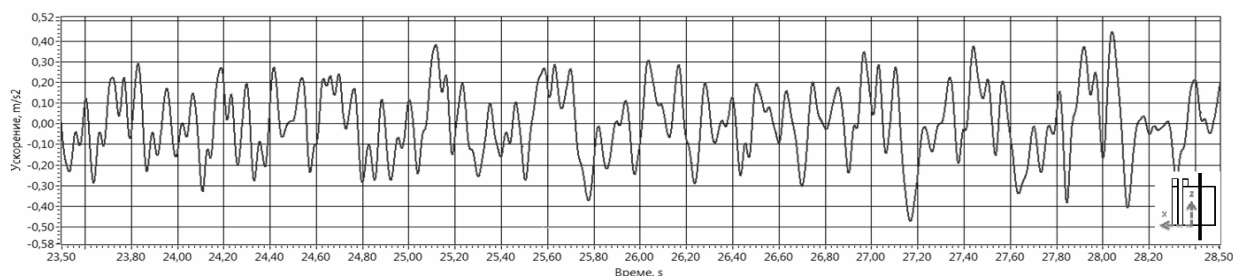
За да се онагледят представената методика за оценка качеството на комфорт при пътуване са представени в графичен и табличен вид част от резултатите от проведено съгласно методиката изследване на реално монтирани асансьори.



фиг.3 Диаграма на ускорението по ос Z – $a_z[m/s^2]$, $t[s]$



фиг.4 Диаграма на първата производна на ускорението (дръпване) по ос Z – $ap_z[m/s^3]$, $t[s]$



фиг.5 Диаграма на вибрационното ускорението по ос Z – $a_{vz}[m/s^2]$, $t[s]$

табл.2 Получени резултати от проведеният експеримент

Пореден номер	$a_{\max 2}$ [m/s ²]	$ap_{\max 3}$ [m/s ³]	$d_{\text{пр}\max 2}$ [m/s ²]	$dp_{\text{пр}\max 3}$ [m/s ³]	$d_{\text{с}\max 3}$ [m/s ³]	$dp_{\text{с}\max 3}$ [m/s ³]	$a_{vz, \text{cp} 2}$ [m/s ²]	$a_{vx, \text{cp} 2}$ [m/s ²]	$a_{vy, \text{cp} 2}$ [m/s ²]	L_{eq} [dB]	
2	↑	1,3	3	1,7	1,8	0,4	1	0,45	0,28	0,23	56
	↓	1,6	4	1,6	1,7	0,5	1,3	0,42	0,24	0,18	49
Ср.стойност	1,45	3,5	1,65	1,75	1,45	1,15	0,435	0,26	0,205	52,5	
Оценка	2	2	3	1	2	1	3	2	2	2	

Нива на комфорт: 1-отлично, 2-добро, 3-незадоволително

V. ИЗВОДИ

След съставянето на методиката и анализирани резултатите от проведеният експеримент, могат да се направят следните изводи:

1) Методиката дава възможност за еднозначно определяне на качеството на комфорт на влезли в експлоатация асансьори.

2) Чрез измерванията, които се провеждат при оценката могат да се локализируют и причините, в случай на завишени стойности на някои от основните параметри характеризирани отделните процеси.

3) Получените резултати при оценката могат да спомогнат на етап проектиране и производство на асансьорни възли. Това ще доведе до оптимизирани асансьорни конструкции предоставящи по-добро качество на обслужване.

VI. ПРИНОСИ

1) Създадена е методика за оценка на качеството на комфорт при пътуване с асансьори.

2) Обобщени са допустими стойности, с помощта на които да се даде качествена оценка за нивото на комфорт на конкретен асансьор.

3) Реализирана е измервателна система, с помощта на която да се измерят необходимите за оценката параметри.

4) Създаден е специализиран софтуер регистриращ и записващ стойностите на изследваните величини.

Литература

1. **Abraham E.** Car Ride Quality, Elevator World Magazine USA, April 1984, p.I-19÷I-23.

2. **Kaczmarczyk S.** The predictions and Analysis of Lift Car, International Congress on Vertical Transportation Technologies, Beijing, 2005.

3. **Raillard V., Rebillard P.** – OTIS Engineering Center Study of Passenger Comfort and Vibrations of an elevator, Elevator World Magazine USA, February 1995, p.134÷139

4. **Sissala M.** – Research Center KONE Corp. Optimization of lift car vibrational behavior by modal analysis, Elevator World Magazine USA, June 1985, p.I-27÷I-31.

5. ISO/DIS 18738:2003 Measurement of ride quality – Part 1: Lifts(elevators)

6. www.schindler.com. Посетен на 14.08.2012г.

7. www.lift-report.de. Посетен на 26.08.2012г.

ASSESSMENT METHOD OF LIFT RIDE QUALITY

Kalin CHUCHUGANOV Georgi ILIEV

Logistics engineering department, Technical University-Sofia, Bulgaria

e-mail: chuchuganov@abv.bg, e-mail: giliev@tu-sofia.bg

Abstract: The purpose of this work is to develop a methodology for lift ride quality assessment. From an overview of existing materials and standards relevant to the topic are defined parameters and criteria which will be used for unambiguously assessment for ride quality of lifts putted into a service. For that reason was created a measurement system with specialized software which can visualize and record the data needed for the assessment.

Keywords: lift, ride quality, measurement system, assessment

АНАЛИЗ НА РИСКА ОТ АВАРИЯ НА ПОДВИЖЕН КУЛАКРАН С НЕВЪРТЯЩА СЕ КУЛА ПРИЧИНЕНА ОТ ТЕХНИЧЕСКИ НЕИЗПРАВНОСТИ

Калин РАДЛОВ

катедра „Технология и механизация на строителството”, Университет по строителство, архитектура и геодезия, България, e-mail: kradlov@abv.bg

Резюме: В настоящата разработка е предложена методика за извършване на оценка на големината на риска вследствие на технически неизправности да се стигне до сериозна авария на кулакран, която е в състояние да предизвика големи материални щети и дори човешки жертви. Чрез използване на системния подход се извършва конструктивен анализ на подвижен кулакран с невъртяща се кула, при който се установяват отказите на основните конструктивни възли и компоненти, имащи определящо значение по отношение на неговата безаварийна работа. На база на метода Дърво на отказите се изследват аварийните последователности за различни експлоатационни състояния на крана.

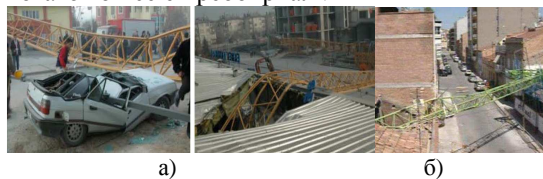
Ключови думи: Кулов кран, риск от авария, отказ, техническа неизправност товароподемен кран, безопасност

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Вследствие на интензивното развитие на строителния сектор през последните години все по-широко на строителните площадки започват да се използват стоманените конструкции кулови кранове. Това са товароподемни машини, които са особено необходими при изграждането на многоетажни сгради, което ги прави едни от най-важните и най-често използвани в сектора. Едновременно с това нарастват и изискванията свързани с повишаване на ефективността и производителността на тяхната работа, което трябва да става в условията на едно високо ниво на безопасност, както за хората и обектите намиращи се на строителната площадка, така и за тези от обкръжаващата среда. Правилата за безопасна експлоатация на всеки кулакран са подробно описани в техническата документация на крана, която се дава от фирмите производители на крана [1]. Въпреки това обаче в строителната практика са известни множество случаи на инциденти и злополуки свързани с кулакранове, като доста от тях завършват дори с човешки жертви.

В разработката [2] са анализирани случаите свързани с аварии на кулови кранове на строителни площадки и са анализирани също така и пораженията, които са били нанесени върху околните близкостоящи сгради и съоръжения. На фиг.1- а) е показан преобърнал се в Турция

кулакран през 2006г, който обслужвал строителната площадка за изграждане на 19 етажна сграда. Кулата на крана е имала височина 30 m, когато той се е преобърнал .



Фиг.1. Аварии с кулакранове: а) през 2006г в Турция; б) през 2008г във Филипините

Вследствие на своето преобръщане (фиг.1- а)) крана е предизвикал следните щети и злополуки: смърт на краниста, който при преобръщането се е намирал в кабината на крана; сериозни щети върху сградите намиращи се в близост до крана, изразяващи се в конструктивни повреди на носещи стоманобетонни колони и плочи; смачкани автомобили намиращи се в близост до крана. На фиг.1-б) е са показани част от последиците настъпили вследствие на авария на кулакран през 2008г във Филипините, при която четирима работници на строителната площадка са били сериозно наранени и са били нанесени сериозни щети върху сградите намиращи се в близост до крана.

Многото случаи на инциденти и злополуки с кулакранове ни кара да обърнем по-сериозно внимание на въпросите свързани с оценката на риска от настъпване на сериозни аварии при

тяхната работа причинени от технически неизправности. Поради конструктивното многообразие на куловите кранове и невъзможността да бъдат обхванати всичките, то в разработката ще бъдат разгледани едни от най-често използваните конструкции на кулакранове, а именно подвижен кулакран с невъртяща се кула. При тези кранове противотежестта е разположена при върха на кулата, стрелата е хоризонтална а изменението на обсега на крана става посредством теглена кранова количка [3]. Куловия кран се придвижва по релсов път, който е монтиран към специален фундамент.

Целта на настоящата разработка е да се предложи методика за изследване на риска от авария на стоманени конструкции на подвижни кулови кранове с невъртяща се кула, вследствие на технически неизправности в носещата конструкция, които са свързани с физическите процеси (уморни процеси, стареене и др) възникващи в основните системи и компоненти на крана.

2. МЕТОДИКА ЗА ОЦЕНКА НА РИСКА ОТ АВАРИЯ НА КУЛОВИ КРАНОВЕ

При оценка на риска от авария на първо място трябва да се формулира крайното нежелано събитие свързано с кулакрана, което в случая е следното: „авария водеща до опасност за нанасяне на щета върху имущество и околна среда или възможност за нараняване на хора“, която по нататък ще наричаме „сериозна авария“ или само „авария“. Възможните пътища по които би могло да се стигне до нежеланото събитие ще наричаме „аварийни последователности“. За анализа на възможните аварийни последователности ще се използва метода Дърво на Отказите (Event Tree Analysis - ETA) [4].

Нежеланото събитие се поставя на върха на дървото на отказите. Този метод сам по себе си представлява индуктивно-логически метод, който изразява последиците, които биха могли да настъпят вследствие на възникването на дадено начално събитие, което се нарича "Изходно Събитие". Дървото на Отказите трябва да съдържа в себе си данни за отказите на отделните елементи на кулакрана, които в случая се явяват изходни събития. В процеса на анализа на риска от авария на крана е необходимо на база на ин-

женерния опит да бъдат намерени онези събития и съчетания от събития, които имат най-съществена роля и допринасят най-много за настъпването на авария на крана. Логико-графическия модел на Дървото на Отказите трябва да бъде построен с подходящ избор на събитията и техните съчетания, които трябва да бъдат включвани от гледна точка на тяхната значимост.

В началото е необходимо да бъдат определени границите в които ще се провежда анализа на риска тъй като Дървото на Отказите на кулакрана би имало различен вид при различните експлоатационни състояния в които се намира крана в даден момент от време. Прекомерното увеличаване на размера на Дървото на Отказите се увеличава и вероятността от грешки при неговото построяване. Поради тази причина е необходимо предварително да бъдат дефинирани експлоатационните състояния на крана. За целите на настоящите изследвания най-голям интерес от гледна точка на вероятността за настъпване на авария представляват следните две експлоатационни състояния на кулакрана:

*експлоатационно състояние z_1 - кран под товар в състояние на покой. Тук кулакрана е в работно състояние с окачен на куката товар, но всички кранови механизми са в състояние на покой;

*експлоатационно състояние z_2 - кран под товар в състояние на движение. Тук кулакрана е в работно състояние с окачен на куката товар, и се извършва едновременно придвижване на кулакрана и въртене на стрелата на крана.

Условието за безопасност на кулакрана ще има вида:

$$Q \leq [Q] \quad (1)$$

където $[Q]$ е допустимият риск от сериозна авария при експлоатацията на кулакрана;

Q – реално съществуващият риск при експлоатацията на кулакрана;

В редица разработки е доказано, че отказите на машинните компоненти се разпределят основно по експоненциален закон [5]. Като се приеме хипотезата за това, че разпределението на случайните откази на техническите устройства за безопасност на кулакрана и на отделните възли на кулакрана се подчиняват на експоненциален за-

кон, то тогава израза за изчисляването на риска от авария може да се запише чрез зависимостта:

$$Q(T) = 1 - P(T) \quad (2)$$

където T е периода от време на наработка на машината, за който се оценява вероятността за безаварийна работа;

$P(T)$ – вероятността за безаварийна работа на кулакрана за период от време на наработка T ;

$$P(T) = \exp\left[-\int_0^T E(t).dt\right] \quad (3)$$

$E(t)$ – интензивността на отказите, която е равна на вероятността за това че след безотказна работа за период от време t , то аварията ще настъпи веднага в следващия момент от време. Базите данни обикновено представят интензивността на отказите на машинните компоненти и взели в мерна единица „брой откази за 1 час“.

Практическите данни показват, че след изтичането на известен кратък начален период от началото на пускане в експлоатация на машината, то след това функцията $E(t) = const$ е достатъчно стабилна и постоянна и поради тази причина можем да получим зависимостта описваща експоненциалното разпределение на вероятността за безаварийна работа на кулов кран [6]:

$$P(T) = \exp(-E.T) \quad (4)$$

където $\tau = \frac{1}{E}$ е средната наработка на кулакрана до възникване на авария;

По този начин вероятността за авария на кулакрана в зависимост от периода на наработка на кулакрана може да се запише във вида:

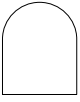
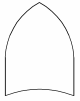
$$Q(T) = 1 - \exp\left(-\frac{T}{\tau}\right) \quad (5)$$

Поради тази причина за да построим Дървото на отказите е необходимо предварително да разполагаме с достатъчно богата база данни за интензивностите на отказите за отделните конструктивни елементи на кулакрана E_i .

За да могат причинните взаимовръзки да бъдат представени по нагледен начин с помощта на Дърво на откази, то се използват две отделни групи структурни елементи (блокове) при построяването на Дърво на откази: Логически оператори и Символи на събития, които подразделят и свързват определен брой събития. Обозначението

на основните логически оператори, които ще използваме е дадено в табл.1.

табл.1 Използвани логически оператори

Логически оператор	Наименование	Описание
	Логически оператор „И“	Изходящото събитие ще настъпи, ако съществуват всички входящи
	Логически оператор „ИЛИ“	Изходящото събитие ще настъпи ако се е сбъднало поне едно от входящите събития

Ако предположим, че подбраните изходни събития са независими едно от друго, то тогава вероятността за настъпване на крайното събитие вследствие на няколко изходни събития, които са свързани с логически оператор "И" се определя по следната формула:

$$Q_m(T) = Q_m(E_1 \cap E_2 \cap E_3 \cap \dots \cap E_n) = Q(E_1, T).Q(E_2, T).Q(E_3, T) \dots Q(E_n, T) \quad (6)$$

където n е броят на изходните събития, които участват в съответната m -та аварийна последователност;

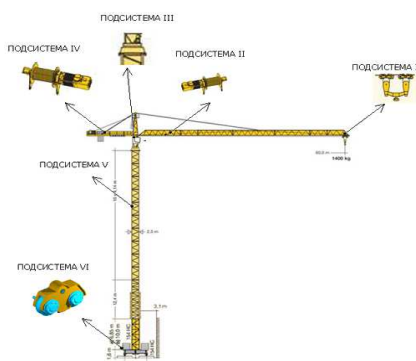
Вероятността за настъпване на крайното събитие вследствие от изходни събития които са свързани с логически оператор "ИЛИ" се определя по следната формула:

$$Q_m(A) = Q_m(E_1 \cup E_2 \cup E_3 \cup \dots \cup E_n) = 1 - Q(\bar{E}_1).Q(\bar{E}_2).Q(\bar{E}_3) \dots Q(\bar{E}_n) = 1 - [1 - Q(E_1)].[1 - Q(E_2)] \dots [1 - Q(E_n)] \quad (7)$$

3. КОНСТРУКТИВЕН АНАЛИЗ НА ПОДВИЖЕН КУЛАКРАН С НЕВЪРТЯЩА СЕ КУЛА

Повечето от техническите системи на машините са доста сложни с голям брой на компонентите и подсистемите, които ги изграждат. Това прави идентификацията, оценката и предсказването на риска от авария на машината

вследствие на техническа неизправност доста сложен. В настоящата разработка разглеждаме конструкцията на подвижен кулакран с невъртяща се кула, като съставена от 6 отделни механични подсистеми, които се счита, че имат най- съществено влияние върху безопасността на кулакрана. Те се означават с буквите S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 и S_6 . Тези подсистеми са показани на фиг.2 :



фиг.2 Подсистеми на подвижен кулакран с невъртяща се кула

*Подсистема I – подсистема на крановата количка. Тя се означава с S_1 ;

*Подсистема II – подсистема на механизма за изменение на обсега на куката на крана. Тя се означава с S_2 ;

*Подсистема III - подсистема на механизма за въртене на стрелата на крана. Тя се означава с S_3 ;

*Подсистема IV - подсистема на подемния механизъм за вдигане и спускане на куката на крана. Тя се означава с S_4 ;

*Подсистема V - подсистема на основната метална конструкция на кулакрана. Тя се означава с S_5 ;

*Подсистема VI - подсистема на механизма за пътуване на кулакрана. Тя се означава с S_6 .

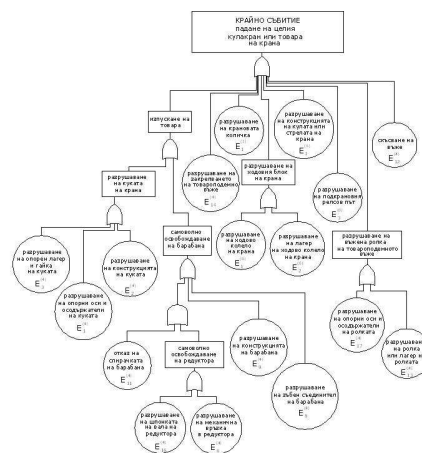
В резултат на анализ на разработки посветени на проблемите свързани с безопасността на товароподемни машини и машинни елементи се събира необходимата база данни за интензивностите на отказите за отделните конструктивни елементи и възли на кулакрана E_i , които изграждат отделните разглеждани подсистеми $S_1, S_2,$

S_3, S_4, S_5 и S_6 [7], [8]. Тези данни могат да бъдат набрани още от каталожни материали или на база на експлоатационен опит, като интензивността на отказите E_i представлява броя на отказите на съответния елемент за 1 час.

4. РАЗРАБОТВАНЕ НА БЛОКОВИ СХЕМИ ЗА АВАРИЙНИТЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТИ

При оценка на риска от авария на кулакрана важна роля играе правилното дефиниране на причинно-следствените връзки между отделните случайни изходни събития, чиято индивидуална вероятност за възникване е с различна честота, но те всичките допринасят и водят към едно единствено крайно събитие, а именно авария на кулакрана. Построяват се Дървета на Отказите за всяко едно от разглежданите експлоатационни състояния на крана. На фиг.3. е показана примерна блок схема за дърво на отказите за разглежданото експлоатационно състояние z_1 . На блок схемата са използвани означения за индивидуалните откази на компонентите и системите на кулакрана от типа $E_i^{(j)}$, където $j=1 \div 6$ е номера на съответната подсистема на кулакрана съгласно фиг.2, а i е номер на компонента участващ в съответната подсистема. От тази схема може да се изчисли риска от авария на кулов кран при даденото експлоатационно състояние

$$Q_{z_1}(T) = 1 - 0,91752 = 0,08248$$



фиг.3. Примерна блок-схема на дърво на отказите на кулов кран при експлоатационно състояние z_1

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящата разработка е предложена методика за оценка на риска от авария на подвижен кулакран с невъртяща се кула вследствие на технически неизправности. Установени са основните подсистеми от конструкцията на кулакран, които имат определящо значение за неговата безаварийна работа.

С помощта на метода Дърво на Отказите аварийните последователности на кулакран могат да се представят под формата на логически блок-схеми от които се изчисляват вероятностите за настъпване на авария на крана за съответните аварийни последователности;

Благодарности

Представените изследвания са част от научна разработка по Договор № БН 130/12, финансиран от ЦНИП при УАСГ.

Литература

- 1.Liebherr, The Crane Systems, Handbook; www.liebherr.com, .2010г, 19с
- 2.Arslan M. H. , M. Y. Kaltakci, Analysis of a Tower Crane Accident, The Open Construction and Building Technology Journal, 2008г, 6с
- 3.Кътов П., Строителни машини. С., Техника, 1989г
- 4.W.E.Vesely, F.F.Goldberg, N.H.Roberts, D.F.Haasl, Fault Tree Handbook NUREG-0492, Washington, 1981г
- 5.Завадский Ю.В. Статистическая обработка эксперимента: Учебное пособие. –М.: Высшая школа, 1976г
- 6.Димитров К., Д. Данчев. Надеждност на строителни машини и системи. Техника, С., 1994г
- 7.Хенли Э. Дж., Кумамото Х., Надеждность технических систем и оценка риска. –М.:Машиностроение, 1984г
- 8.Барлоу Р., Прошан Ф. Статистическая теория надежности и испытания на безотказности.- М.: Наука, 1984г

RISK ANALYSIS OF FAILURES WITH TRAVELLING TOWER CRANE WITH NON-ROTATING TOWER CAUSED BY TECHNICAL DAMAGES

Kalin RADLOV

Technology and mechanization of building department, University of civil engineering and geodesy - Sofia, Bulgaria
e-mail: kradlov@abv.bg

Abstract: The present development is devoted to methodology development for assessment of risk to severe failure of tower crane as a result of technical damage, which can cause damages and victims in outer world. By using the systematic approach is made construction analysis of travelling tower crane with non-rotating tower, there are determined the faults of its main components, which have mostly importance for tower crane flawless operation. Through the method Fault Tree Analysis are investigated the break-down scenario for two different operating states of tower crane.

Keywords: tower crane, risk to failure, fault, technical damage

АНАЛИЗ НА ЛИТЕРАТУРНИТЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТТА „РАЗПОЛАГАНЕ НА ОБЕКТИ” В КИТАЙ

Николай КАЗАКОВ

катедра „Инженерна логистика, подемно-транспортна и строителна техника”, Технически университет - София,
България
e-mail: nkazakov@tu-sofia.bg

Резюме: В настоящата статия е направен анализ на научните изследвания в основната област на логистиката „Разполагане на обекти” за Китай - страна с най-голям темп на икономическо развитие, като се определя връзката между научните изследвания в посочената област и развитието на икономиката.

Ключови думи: логистика, разполагане на обекти, Китай, конкурентноспособност

Разполагането на обектите в една макрологистична и глобална логистична система е съществено направление в анализа и усъвършенстването и. Чрез него се решават различни проблеми като иновационната политика, създаване на условия за оптимален логистичен мениджмънт, определяне на конфигурацията и вида на логистичната мрежа, архитектурата на веригите на доставка, къде да се разположат съоръженията, кои клиенти и пазари ще се обслужват; кои продукти ще се произведат/складират там, какъв транспорт да се използва и др. при критерии: ниво на обслужването на клиентите, оптимални разходи, оптимален транспорт и т.н..

Известно е [3], че в наукознанието общият темп на нарастване на потока от информация се разглежда като косвен показател за скоростта на развитие на дадена област на науката и техниката. Във връзка с това основно изискване към източниците на информация е осигуряването на данни, определящи състоянието и тенденциите на развитие на изследваното изделие.

Огромният поток от информация през последните десетилетия доведе до информационна криза. Известно с [1], че специалистите разглеждат не повече от 15-17% от интересуващите ги статии. Използването на информацията би позволило разходите за научни изследвания и проектиране да се съкратят с 60%.

Цел на настоящото проучване е да се направи анализ на научните публикации в основната област на логистиката „Разполагане на обекти” за Китай като страна с най-голям темп на икономическо развитие, и да се определи връзката

между научните изследвания в посочената област и развитието на икономиката.

При анализа на литературните източници ще се базира на:

- определението на М.Портър за логистиката;
- поставената цел в световната икономика за подходящо разполагане на обекти с крайна цел конкурентноспособност;
- различни начини за проучване и анализ на конкурентите с цел разкриване на пътища за задоволяване на клиентите;
- формите на сътрудничество като перспективен елемент в съвременната икономика и логистика;
- управлението във веригите за снабдяване
- интеграцията на информационните технологии;
- изследването да е в полза на българските фирми и изследователи.

Съгласно теорията на статистиката [2], структурата на явленията може да се направи лесно обзрима и съпоставима с помощта на два начина: чрез отношение на част на дадена съвкупност към нейния пълен обем (разчленителни измерители на структурата) или чрез техните съотношения (съотносителни измерители на структурата). За това ще използваме измерители като абсолютен обем, абсолютен прираст, темп на ръста и темп на прираста.

Най-бурно развиващата се икономика в света е тази на Китай. Световните икономически прогнози сочат, че през 2030 Китай ще надмина САЩ и ще стане първата икономическа сила в

света. „Франс прес” [13] представя в цифри последното десетилетие според най-новите налични данни от декември 2011 г. Най-съществените показатели за китайската икономика са:

Брутен вътрешен продукт (БВП):

2002: 1,9 трилиона долара
2011: 7,6 трилиона долара

Брутният вътрешен продукт (БВП) на Китай днес представлява 10% от световния БВП спрямо 4,4% през 2002 г.

Растеж: 10,7% средно на година от 2002 година

Инвестиции:

Чуждестранни инвестиции в Китай:

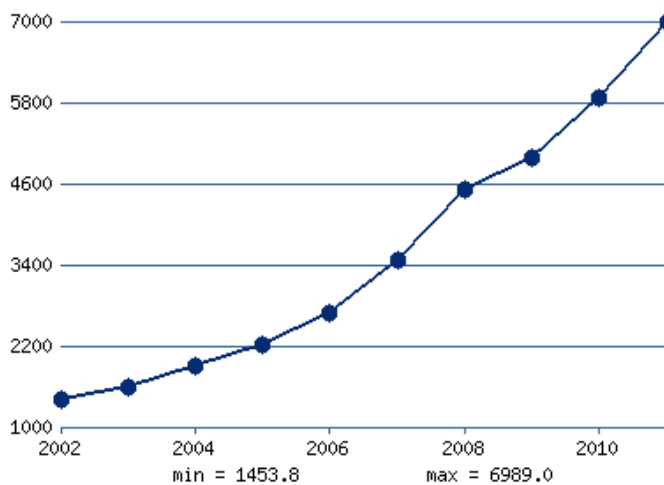
2002- 55 милиарда долара
2011-117,7 милиарда долара

Китайски инвестиции в чужбина:

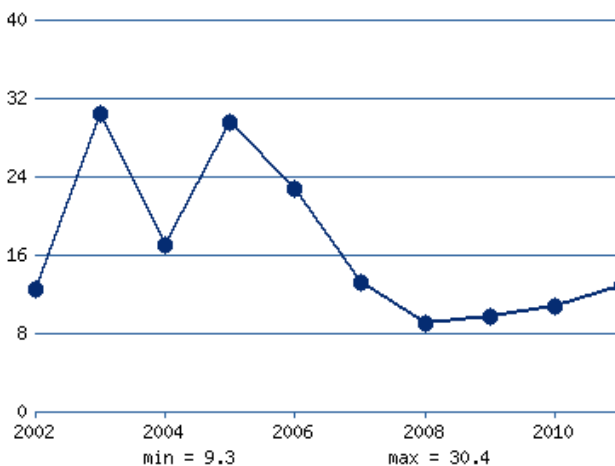
2002: 2,7 милиарда долара (само нефинансовите сектори)

2011: 74,7 милиарда долара.

На фиг.1 и фиг.2 са показани графически някои важни за логистиката данни:



фиг.1 Размер на брутния вътрешен продукт на Китай за периода 2002-2012



фиг.2 Темп на ръста на промишлената продукция на Китай за периода 2002-2012

Интерес представлява развитието на китайските изследвания в логистичната областта „Раз-

полагане на обекти”, изразено чрез броят и тематиката на научните публикации в тази област.

Разгледани бяха сайтовете на електронните база данни с научни публикации на *SPRINGERLINK*, *EMERALD*, *SCIENCE DIRECT*. От направеното сравнение се установи, че *SPRINGERLINK* има общо 8598 статии по анализирания тематика, от които 216 – научни, с времева дълбочина 2005-20012.

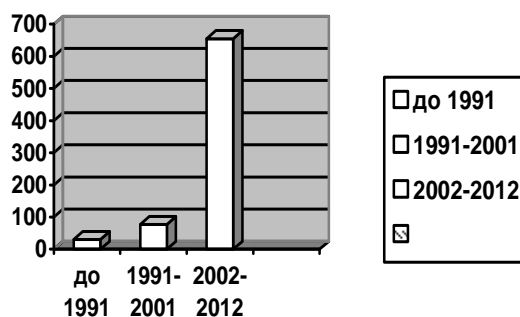
SCIENCE DIRECT има 262 научни статии по тематиката при времева дълбочина:

- 1989 и по-рано - 4 броя,
- 1990 – 2001 – 32 бр.
- 2002- 2012 – 226 бр.

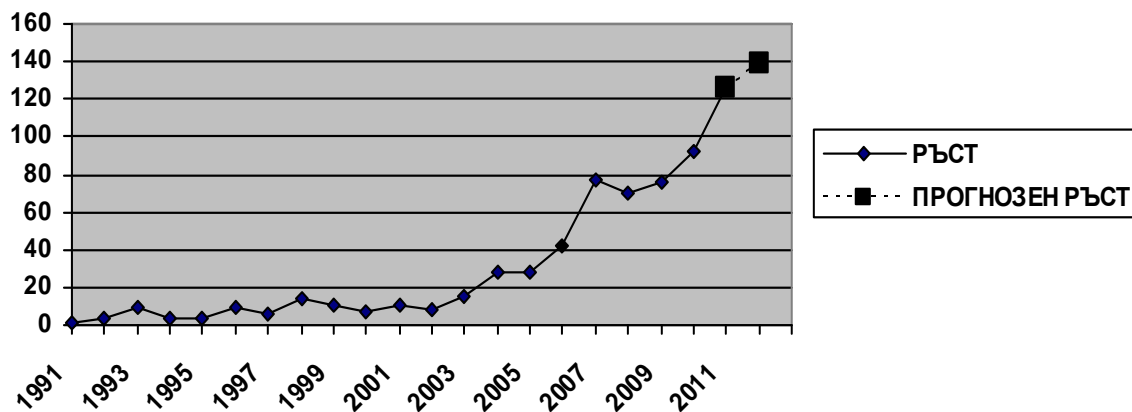
За анализ е избрана базата данни на „*EMERALD*“, защото от направените проучвания на сайта на „*EMERALD*“ общия брой научни публикации е 763, като те се разпределят както следва(фиг.3):

- За периода до 1991г – 31бр.
- За периода 1991-2001- 77бр.
- За периода 2002-2012 -655, като за 2012 година е отчетено само до месец август(28.08.)
- Ръста за цялата 2012г е прогнозиран линейно.

Ръста по години се вижда на фиг.3 и фиг.4



фиг.3 Ръст на публикациите в областта “Разполагане на обекти” в Китай по 10-годишен период



фиг.4 Ръст по години на публикациите в областта “Разполагане на обекти” в Китай.

От горепосочените данни се определят основните параметри – темп на ръста, темп на прираста и абсолютния прираст (табл.1.1). На основата на данните в таблица 1.1, на фиг.5 са построени графиките, показващи динамиката на

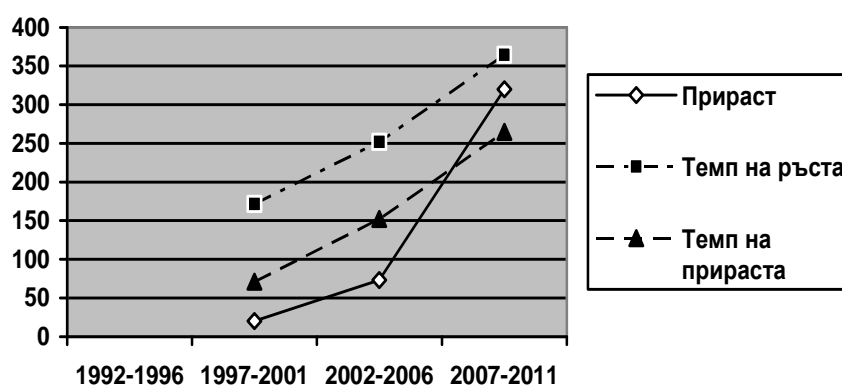
ръста на количеството публикации в това направление.

От горепосочения анализ се вижда, че от 2007 година динамиката на ръста и особено темпа на ръста и темпа на прираста на разработките в об-

ластта на разполагането на обекти с цел подобряване на конкуренцията, силно се увеличават.

табл.1.1 Основни параметри на публикациите в областта “Разполагане на обекти” в Китай

i	Петилетка	n	q _i	Абсолютен прираст	Темп на ръста	Темп на прираста
1	1992-1996	28	28			
2	1997-2001	48	48	20	171,4	71
3	2002-2006	121	121	73	252	152
4	2007-2011	441	441	320	364,5	265



фиг.5 Динамика на ръста на публикациите

Това се потвърждава и от броя на публикациите през 8-те месеца на 2012, чиято динамика превишава тази на 2011.

За качественото изследване публикациите по тематиката „Разполагане на обекти” са разделени на следните обобщени тематични подгрупи:

- логистичен мениджмънт и иновации
- реверсивна логистика
- инвестиции в Китай
- supply chain
- китайски инвестиции в чужбина
- IT системи при разполагане на обектите
- технически и проектни решения

Теглата на всяка подгрупа в общият обем от публикации са показани на фиг.6.

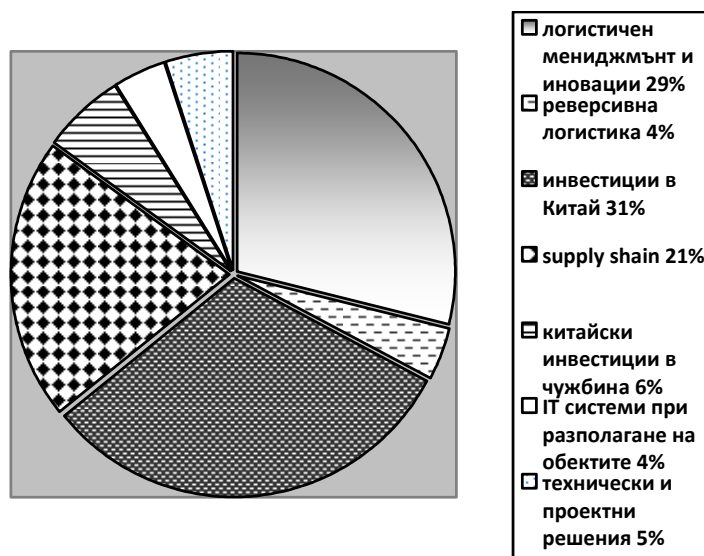
За да се получи реална представа за съдържанието и целите в тематичните подгрупи на публикациите по тематиката „Разполагане на обекти” ще посочим някои по съществени представители от тях:

В [10] е представен АНР (*analytical hierarchy process*) модел за избор на място за разполагане на съоръжение. Моделът осигурява рамка, под-

помагаща мениджмънта в анализ на различни фактори, местоположение, оценка на алтернативите за локализация, и окончателен избор на място за разполагане. Алтернативите се оценяват и сравняват по количествени и качествени фактори.

В [8] е посочено, че развитите страни изпитват спад в производствените отрасли, и другите държави все повече се ориентират към иновационните клъстерни инициативи. Предложен е модел при които се отчита местоположението и компетентността на фирмата, с цел по-добри резултати при иновациите. Приложен е дедуктивно-количествен подход.

В [15] е посочено, че териториалното разположение на постоянните съоръжения дава конфигурацията и вида на логистичната мрежа. Логистичните управленски решения при критерии: ниво на обслужването на клиентите и разходи, са къде да се разположат съоръженията; колко склада и къде; кои клиенти и пазари ще се обслужват; кои продукти ще се произведат/складираат там.



фиг.6 Теглата на всяка подгрупа в общият обем от публикации

Особености на проблема за териториалното разположение - при нов бизнес и при реструктуриране. Фактори, отчитани при решения за териториално разположение: държавно регулиране; икономически фактори; близост до пазарите; суровини; трудови ресурси; състояние на инфраструктурата и цена за ползването ѝ; други - околна среда, културни и битови аспекти и т.н. Разгледани са външно разполагане по метода "Център на гравитацията" и вътрешно разполагане на обектите.

В статията [7] са представени резултатите от проучванията за избор на място при разполагане на дистрибутивните центрове в логистичната верига. Изследването е извършено на три етапа. На първия етап е определен, общ географски район, за разполагане на дистрибуционен център идентифициран въз основа на метода "Център на гравитацията", отчитайки социално-икономическите фактори. Вторият етап от процеса на подбор включва идентифициране на алтернативни места за център за дистрибуция, летища и пристанища, които да бъдат използвани в обвързани с товаропотоците в рамките на определената географска област. Третият етап се фокусира върху конкретен сайт за избор между алтернативните места за център за дистрибуция, въз основа на количествен подход. Това включва ин-

тегриращ модел обединяващ разходите за дистрибуция с транспортните разходи.

В [6] е предложен модел за разполагане при реверсивната логистика, използвайки теорията за системите при несигурна информация. За първи път е изграден математически модел използвайки *grey systems theory*.

В [5] се предоставя емпирично изследване на факторите, влияещи върху иновациите в областта на логистичните технологии от доставчици на логистични услуги в Китай. Резултати имат за цел да помогнат на китайските компании, занимаващи се с логистика, да развият по-добри стратегии за приемане на иновативни технологии в логистиката и да ги превърне в основни иновационни доставчици на логистични услуги. Логистичните технологии са класифицирани в четири типа: технологии по събиране на данни, информационни технологии, складови технологии, и транспортни технологии. Въздействащите фактори включват вътрешни и външни фактори. Регресионният анализ се използва за анализ на влиянието на тези фактори върху технологичните иновации.

В [12] е разгледано приложението на XML в логистичните информационни системи използвани в логистичния мениджмънт. Показано е че при моделиране в логистиката XML решава

всички проблеми на традиционните информационни системи.

В [9] се разглежда регионалното разположение на логистична система, като модела е базиран на размитите множества. Основните фактори са отразени като разходи, като в модела са включени тегловната диаграма на Воронин и генетичен алгоритъм. В модела са отразени и регионалното индустриално разпределение и дистрибуцията на стоките.

В [11] е разгледан модел за разполагане на елементите на логистична система състояща се от две нива възли – първо ниво-логистичен парк и второ ниво в това число логистичен център и логистичен дистрибуционен склад. Работи се с многономенклатурен товар. Моделът работи с генетични алгоритми и търси минимални разходи за обслужване.

В работата [4] се посочва, че в последните години се забелязва голям ръст на топологично проектиране на логистични мрежи, особено в разполагането на складове. При решаването на задачата вече се работи с много асортиментен товаропоток. Представен е опростен и удобен за изчисленията алгоритъм.

Изводи

1. Направен е анализ на динамиката на ръста на публикациите в областта на разполагане на обекти за най-бурно развиващата се икономика – тази на Китай. Установени са високите темп на ръста и темп на прираста показват необходимостта от развитие в тази област.

2. Анализът потвърждава перспективност на научните изследвания в тази област, особено за страна като България.

3. Забелязва се сходството на графиките на фиг.1(Размер на brutния вътрешен продукт на Китай) и фиг.4(Ръст по години на публикациите в областта “Разполагане на обекти” в Китай) за периода 2002 – 2012г., което показва взаимната връзка между тях.

4. Качественият анализ на тематиката на публикациите в областта “Разполагане на обекти” в Китай (Фиг.6) показва, че при наличието на висок тренд в развитието на brutния вътрешен продукт е съпроводен с решаването на проблемите в разполагането на промишлени обекти, с отговорите на въпросите къде, как и защо да се

инвестира. Наличието на такава методология и за България е предпоставка за повишаване на доверието на чуждестранните инвеститори.

5. Големият процент на публикациите свързани с логистичният мениджмънт и иновациите(29%) и *Supply chain* (21%) показва, че това са важни направления за развитието и на българските фирми, особено свързано с географското положение на България.

6. Сравнително немалкия дял на реверсивната логистика е показател и за научния подход при решаването на проблема със суровините в Китай.

7. Забелязва се и процента на публикациите свързани с китайските инвестиции в чужбина, което говори за научния подход при избора на мястото за инвестиране. Това е свързано и с нарастване на тези инвестиции до 74,7 милиарда долара през 2011г.

Литература

1. **Косолапов, В.** Информационное обеспечение и прогнозирование науки. Киев, изд-во киевского университета, 1970, 224 с.
2. **Петров С, С. Велева-Стефанова.** Обща теория на статистиката. С. Парадигма, 2009, 365с.
3. **Тардов Б.П.** Динамика патентной информации и методика прогнозирования научно-технического прогресса. М. изд-во Центр. научно-иссл. ин-та информации и технико-экономических исследований цветной металлургии, 1969, 30с.
4. **Lee C.,** The Multiproduct Warehouse Location Problem: Applying a Decomposition Algorithm. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 1993, Vol. 23 Iss: 6, pp.3 – 13
5. **Lin C.,** Factors affecting innovation in logistics technologies for logistics service providers in China, *Journal of Technology Management in China*, 2007, Vol. 2 Iss: 1, pp.22 – 37
6. **Liu H., Q. Zhang, W. Wang.** Research on location-routing problem of reverse logistics with grey recycling demands based on PSO. *Grey Systems: Theory and Application*, 2011, Vol. 1 Iss: 1, pp.97 – 104
7. **Thai V., D. Grewal.** Selecting the location of distribution centre in logistics operations: A conceptual framework and case study. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 2005, Vol. 17 Iss: 3, pp.3 - 24)
8. **Ting Y., H. Chiu.** How network competence and network location influence innovation performance. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 24/1, 2009, 46–55.
9. **Wei W, H. Li, F. Xuejun.** Research on Regional Logistics System Layout Optimization Based on Weighted Voronin Diagram and Gravitational Model. *Proceedings of*

the IEEE International Conference on Automation and Logistics Qingdao, China, September, 2008,2078-2083

10. **Yang J., H. Lee.** An AHP decision model for facility location selection. MCB University Press, Volume 15, Number 9/10 · September/October, 1997, pp. 241–254.

11. **Zhang D., R. Xie.** Research on an optimization model for logistics nodes dynamic location and its solution algorithm. Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics, August 18 - 21, 2007, Jinan, China, 2187-2193.)

12. **Zhao X., F. Tao, Y. Hu, Z. Zhou.** Resource Modeling of Logistic Grid System Based on XML. Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics August 18 - 21, 2007, Jinan, China, 690-695.

13. <http://www.vesti.bg/index.phtml?tid=40&oid=525579>
1. Посетен на 09.12.2012г

14. <http://www.ereport.ru/stat.php?razdel=country&count=china>. Посетен на 09.12.2012г

15. http://unicheats.net/files/unwe_files/20081103_172324_832.Operacii.d. Посетен на 09.12.2012г.

ANALYSIS OF RESEARCH WORK IN THE “LOGISTICS LOCATION” IN CHINA

Nickolay KAZAKOV

Logistics engineering department, Technical University-Sofia, Bulgaria

e-mail: nkazakov@tu-sofia.bg

Abstract: In this paper an analysis of research work in the main area of logistics "Positioning objects" for China as the country with the highest rate of economic development, identifying the link between research in this area and of economic development .

Keywords: logistics, location, China, competitiveness

ОБ ОДНОМ СВОЙСТВЕ ПЛОСКОГО ТРЕХЗВЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА

Пётр ПОБЕГАЙЛО

ИМАШ им. Благодравова А.А. РАН, Россия

e-mail: petrp214@yandex.ru

Резюме: В настоящей работе речь идет об одном свойстве плоского трехзвенного манипулятора, который отождествляется в этой работе с рабочим оборудованием одноковшового гидравлического экскаватора. Рассматриваемое свойство связано с суммой определенных углов рассматриваемого манипулятора.

Ключевые слова: плоский трехзвенный манипулятор; одноковшовый гидравлический экскаватор; рабочее оборудование

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований ОЭММПУ РАН № 1 „Научные основы робототехники и мехатроники“.

Рассмотрим плоский трехзвенный манипулятор (рис.1). Все его шарниры – вращательные. За

начало плоской прямоугольной декартовой системы координат выберем шарнир (далее чаще всего будем все шарниры называть точками) A (рис. 1а). Ось X направим вправо, а ось Y вверх (рис. 1а).

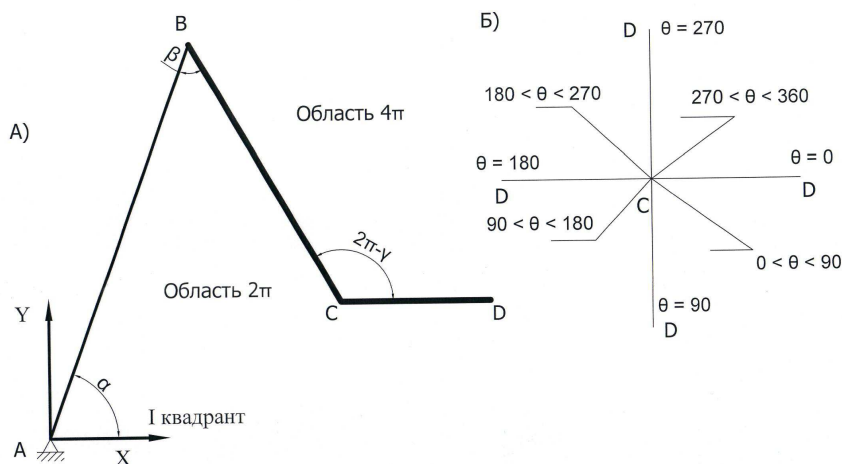


рис.1 а) Плоский трехзвенный манипулятор в первом квадранте;
б) Характер изменения угла θ

Указанная система координат разбивает плоскость на четыре квадранта (их нумерация осуществляется против часовой стрелки, первая указана на рис. 1а). Будем рассматривать сейчас лишь первый квадрант (рис. 1а). Иными словами, на допустимые значения углов α, β, γ^1 (их суть видна из рис.1а) наложены следующие ограни-

чения: $\alpha \in [0 \dots \pi/2)$, $X \beta \in (0 \dots \pi)$, $\gamma \in (0 \dots 2 \cdot \pi)$.

Кроме этих трех углов введем еще один угол - θ . Этот угол оценивает положение звена CD относительно горизонтали проходящей через точку D (рис. 1б). Этот угол может принимать значения из интервала $[0 \dots 2 \cdot \pi]$. За нулевое значение этого угла принято горизонтальное распо-

¹ Нижние индексы i, j, k для углов опущены.

положение звена CD (точка D по отношению к точке A расположена дальше точки C). Отсчитывать угол θ будем от нулевого положения по часовой стрелке.

Гипотеза² 1.

В описанном только что случае сумма углов α, β, γ и угла θ всегда равна:

$$\alpha + \beta + \gamma + \theta = 2 \cdot \pi, \text{ при} \quad (1.1a)$$

$$0 \leq \gamma \leq 2 \cdot \pi - \alpha - \beta$$

$$\alpha + \beta + \gamma + \theta = 4 \cdot \pi, \text{ при} \quad (1.1b)$$

$$2 \cdot \pi - \alpha - \beta < \gamma < 2 \cdot \pi$$

Граница „переключения“ между этими двумя суммами показана на рис. 1a жирными линиями. Она проходит по звеньям BC и CD , и зона $4 \cdot \pi$ лежит как бы «выше» их (при этом звено CD всегда параллельно оси X и располагается именно так как указано на рис. 1a).

Максимальное значение угла $(2 \cdot \pi - \gamma)^3$ (рис. 1a) будет достигнуто при максимальном значении углов α и β , и параллельном оси X положении звена CD (как на рис. 1a):

$$(2 \cdot \pi - \gamma) < \pi + \alpha, \quad (1.2a).$$

Минимальное значение угла $(2 \cdot \pi - \gamma)$ будет достигнуто при минимальном значении углов α и β , и параллельном оси X положении звена CD (как на рис. 1a):

$$(2 \cdot \pi - \gamma) > \alpha, \quad (1.2b).$$

Таким образом, угол $(2 \cdot \pi - \gamma)$ может принимать значения из интервала:

$$\alpha < (2 \cdot \pi - \gamma) < \pi + \alpha, \quad (1.2в).$$

Отсюда очевиден диапазон изменения угла $(2 \cdot \pi - \gamma)$ который стремится к π (в инженерных расчётах его можно приравнять π)⁴.

Теперь рассмотрим случай иной интерпретации угла θ . Для этого повернём горизонталь, проходящую через точку D , на девяносто градусов против часовой стрелки. Иными словами,

угол θ теперь оценивает положение звена CD относительно вертикали проходящей через точку D . Диапазон возможных значений такой же как и ранее. За нулевое значение принято вертикальное положение звена CD , когда точка C расположена ниже точки D . Отсчитывать значения угла θ продолжаем по часовой стрелке.

Гипотеза 2.

В описанном только что случае сумма углов α, β, γ и угла θ всегда равна:

$$\alpha + \beta + \gamma + \theta = 2,5 \cdot \pi, \text{ при} \quad (1.3a)$$

$$0 \leq \gamma \leq 2 \cdot \pi - \alpha - \beta$$

$$\alpha + \beta + \gamma + \theta = 4,5 \cdot \pi, \text{ при} \quad (1.3b)$$

$$2 \cdot \pi - \alpha - \beta < \gamma < 2 \cdot \pi$$

Все высказанные выше соображения, выписанные после формул 1.1, и касающиеся первой гипотезы, сохраняют свой смысл и сейчас.

Заметим, что формулы 1.3 можно записать в более «красивом» виде. Для этого можно изменить характер измерения угла α . Естественно, что измениться и диапазон его допустимых значений.

Итак, пусть теперь угол α отсчитывается от оси Y , а точнее от её положительной половины до звена AB (против часовой стрелки). Допустимый диапазон значений угла α теперь будет $[\pi/2...2 \cdot \pi]$. Иными словами к суммам из формул 1.3 прибавляется угол $3 \cdot \pi/2$. Тогда равенства 1.3a, б примут вид:

$$\alpha + \beta + \gamma + \theta = 4 \cdot \pi, \text{ при} \quad (1.3в)$$

$$0 \leq \gamma \leq 2 \cdot \pi - \alpha - \beta$$

$$\alpha + \beta + \gamma + \theta = 6 \cdot \pi, \text{ при} \quad (1.3г)$$

$$2 \cdot \pi - \alpha - \beta < \gamma < 2 \cdot \pi$$

Во многих практически существующих манипуляторах его первое звено AB может располагаться не только в первом квадранте, но и в четвертом. Рассмотрим этот случай. При этом сохраним все, что было выше сказано об углах ... Свойства двух других углов будут описаны ниже, по мере необходимости.

Расчётная схема в рассматриваемом сейчас случае может быть сформирована двумя, эквивалентными способами:

- традиционно, когда манипулятор рассматривается в четвертом квадранте;

² Термин гипотеза сейчас использован потому что, теоремы в этой работе не доказываются.

³ Здесь и далее речь идет о границах указанного угла, в которых рассматриваемая сумма приобретает второе свое значение (в Гипотезе 1 это $4 \cdot \pi$).

⁴ Ниже наблюдается подобная картина и поэтому она дополнительно не комментируется.

- не традиционно, когда введенная ранее система координат поворачивается на девяносто градусов против часовой стрелки относительно точки *A* (при этом вертикаль и горизонталь меняются местами).

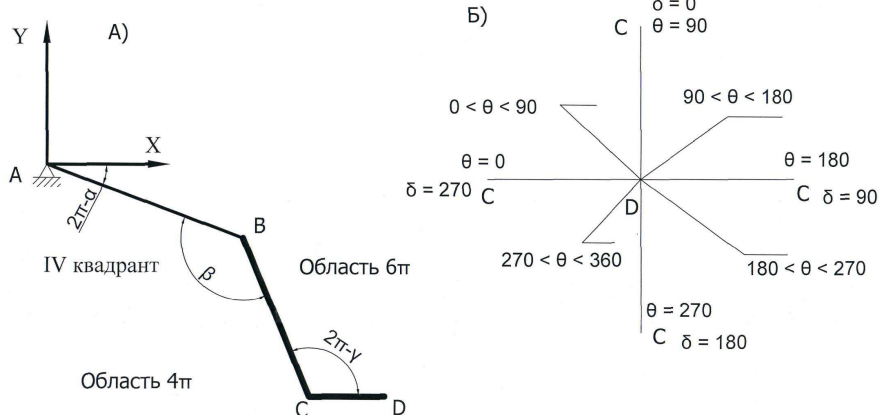


рис.2 а) Плоский трехзвнный манипулятор в четвертом квадранте;
б) Характер изменения углов θ и δ

Сначала рассмотрим случай, во многом идентичный рассматриваемому в первой гипотезе. Иными словами, все сказанное там об угле θ сохраняет свою силу и сейчас.

Но, угол α будем задавать иначе. А именно будем отсчитывать его от оси *X*, а точнее от её положительной половины против часовой стрелки до звена *AB*. Допустимый диапазон значений угла α теперь будет $[0 \dots 2 \cdot \pi]$.

Гипотеза 3.

В описанном только что случае сумма углов .. и угла θ всегда равна:

$$\alpha + \beta + \gamma + \theta = 4 \cdot \pi, \text{ при} \quad (1.4a)$$

$$0 \leq \gamma \leq 2 \cdot \pi - \alpha - \beta$$

$$\alpha + \beta + \gamma + \theta = 6 \cdot \pi, \text{ при} \quad (1.4б)$$

$$2 \cdot \pi + \alpha - \beta < \gamma < 2 \cdot \pi \text{ и}$$

$$2 \cdot \pi - \alpha < \beta \leq \beta_{\max} < \pi$$

Граница „переклчения“ между этими двумя суммами аналогична границе из первой и второй гипотез (с некоторой добавкой). При этом, значения угла $(2 \cdot \pi - \gamma)$ могут принимать значения из интервала:

$$0 < (2 \cdot \pi - \gamma) < \alpha - \pi, \quad (1.5a)$$

Выбор между этими двумя способами исключительно дело вкуса. В этой работе будем пользоваться традиционным подходом. На рис. 2 представлена расчетная схема, для рассматриваемых ниже гипотез.

Максимальное значение угла $(2 \cdot \pi - \gamma)$ (рис. 2a) будет достигнуто при максимальном значении углов α и β , и параллельном оси *X* положению звена .. (как на рис. 2a).

Минимальное значение угла $(2 \cdot \pi - \gamma)$ будет достигнуто при расположении звена *BC* параллельно оси *X* (точка *C* ближе к точке *A*, чем точка *B*) и при максимальном значении угла γ (рис. 2a).

Теперь рассмотрим ту же ситуацию, что и во второй гипотезе. Сохраним при этом все сказанное в третьей гипотезе об угле α . По поводу угла θ все сказано во второй гипотезе и сейчас будет аналогично.

Гипотеза 4.

В описанном только что случае сумма углов α, β, γ и угла θ всегда равна:

$$\alpha + \beta + \gamma + \theta = 4,5 \cdot \pi, \text{ при} \quad (1.6a)$$

$$0 \leq \gamma \leq 2 \cdot \pi - \alpha - \beta$$

$$\alpha + \beta + \gamma + \theta = 6,5 \cdot \pi, \text{ при} \quad (1.6б)$$

$$2 \cdot \pi + \alpha - \beta < \gamma < 2 \cdot \pi \text{ и}$$

$$2 \cdot \pi - \alpha < \beta \leq \beta_{\max} < \pi$$

Все соображения, приведенные выше после формулы 1.5 и до конца описания третьей гипотезы верны и здесь.

Заметим, что формулы 1.6 можно записать в более «красивом» виде. Для этого можно изменить характер измерения угла α . Естественно, что измениться и диапазон его допустимых значений.

Итак, пусть теперь угол α отсчитывается от оси Y , а точнее от её положительной половины до звена AB (против часовой стрелки). Допустимый диапазон значений угла α теперь будет $[\pi/2...2\cdot\pi]$. Иными словами от сумм из формул 1.6а, б необходимо вычесть угол $\pi/2$. Тогда равенства 1.6 примут вид:

$$\alpha + \beta + \gamma + \theta = 4 \cdot \pi, \text{ при} \quad (1.6в)$$

$$0 \leq \gamma \leq 2 \cdot \pi - \alpha - \beta$$

$$\alpha + \beta + \gamma + \theta = 6 \cdot \pi, \text{ при} \quad (1.6г)$$

$$2 \cdot \pi + \alpha - \beta < \gamma < 2 \cdot \pi \text{ и}$$

$$2 \cdot \pi - \alpha < \beta \leq \beta_{\max} < \pi$$

В ряде практически важных случаев проектировщиков и исследователей может интересовать ориентация звена CD относительно прямых проходящих через точку D и не являющихся вертикальными и горизонтальными. Рассмотрим этот случай подробнее.

Для этого будем поворачивать горизонталь, проходящую через точку D , против часовой стрелки на угол Δ . Допустимые значения угла Δ лежат в интервале $[0...2\cdot\pi]$ (на рисунках не показано).

Гипотеза 5.

В описанном только что случае сумма углов α, β, γ и угла θ всегда равна (при расположении манипулятора в первом квадранте):

$$\alpha + \beta + \gamma + \theta = 2 \cdot \pi + \Delta, \text{ при} \quad (1.7а)$$

$$0 \leq \gamma \leq 2 \cdot \pi - \alpha - \beta$$

$$\alpha + \beta + \gamma + \theta = 4 \cdot \pi + \Delta, \text{ при} \quad (1.7б)$$

$$2 \cdot \pi - \alpha - \beta < \gamma < 2 \cdot \pi$$

и при расположении манипулятора в четвертом квадранте:

$$\alpha + \beta + \gamma + \theta = 4 \cdot \pi + \Delta, \text{ при} \quad (1.7в)$$

$$0 \leq \gamma \leq 2 \cdot \pi - \alpha - \beta$$

$$\alpha + \beta + \gamma + \theta = 6 \cdot \pi + \Delta, \text{ при} \quad (1.7г)$$

$$2 \cdot \pi + \alpha - \beta < \gamma < 2 \cdot \pi \text{ и}$$

$$2 \cdot \pi - \alpha < \beta \leq \beta_{\max} < \pi$$

Максимальные и минимальные значения этих равенств очевидны. Все сказанное выше об угле $(2\cdot\pi - \gamma)$ сохраняет свою силу. Естественная поправка при этом – это необходимость вычитания из допустимых значений этого угла заданного значения угла Δ .

В ряде практически важных задач связанных с рассматриваемым манипулятором удобнее (да и более привычно) оперировать не углом θ , а углом δ (рис. 2б). Этот угол позволяет оценивать положение звена CD относительно вертикали проходящей через точку D . Этот угол имеет нулевое значение при вертикальном расположении звена CD (точка D расположена ниже точки C). Он отсчитывается от нулевого положения по часовой стрелке (фиксирована точка D). Связь между этими углами такова (при рассмотрении угла θ относительно горизонтали):

$$\theta = \delta - \frac{3 \cdot \pi}{2}, \text{ при } 0 \leq \delta \leq \frac{3 \cdot \pi}{2} \quad (1.8а)$$

$$\theta = \delta + \frac{\pi}{2}, \text{ при } \frac{3 \cdot \pi}{2} < \delta < 2 \cdot \pi \quad (1.8б)$$

Связь этих равенств с углом θ при рассмотрении вертикалей очевидна (нужно прибавить девяносто градусов). Таким образом, задав, например, значение угла δ можно сразу же определить значения углов θ относительно как вертикали, так и горизонтали.

Если дополнительно задано значение угла Δ , то несложно оценить положение звена CD при положении прямой проходящей через точку D в каком-то произвольном положении.

На основании всего выше изложенного можно выписать следующие любопытные и полезные равенства:

$$\alpha + \beta + \gamma + \delta = 3,5 \cdot \pi, \text{ при рассмотрении I квадранта} \quad (1.9а)$$

$$\alpha + \beta + \gamma + \delta = 5,5 \cdot \pi, \text{ при рассмотрении IV квадранта} \quad (1.9б)$$

Аналогичным образом можно рассмотреть манипулятор и во втором и в третьем квадранте, однако это сейчас не имеет физического смысла, и поэтому этого делать не будем.

Также по аналогии могут быть рассмотрены манипуляторы с большим числом звеньев и с более широкими диапазонами значений углов α, β . Это задача для будущих исследований.

Очевидно, что если рассматривается манипулятор, который может работать и в первом и в четвертом квадранте, то выше приведенные результаты должны быть объединены (у рассматриваемого манипулятора будет четыре области с различными суммами углов).

Физический смысл для расписанной только что задачи приобретается отождествлением рассматриваемого манипулятора с рабочим оборудова-

ванием одноковшового гидравлического экскаватора прямого и обратного копания. При этом полученные сейчас результаты могут быть использованы при разработке систем управления (когда важны перемещения зубьев ковша по прямолинейным траекториям), или при разработке локальных критериев эффективности [1].

Литература

1. **Pobegailo P.A.** Two local estimates of the efficiency of the working equipment of single bucket hydraulic excavator // Българско списание за инженерно проектиране, бр. 15, септември 2012. с. 19 – 22.

ABOUT ONE PROPERTY OF THE PLANAR THREE LINK MANIPULATOR

Petr POBEGAILO

Blagonravov Mechanical Engineering Research Institute of RAS, Russia

e-mail: petrp214@yandex.ru

Abstract: In the present work a property of three link manipulator is investigated. Three link manipulator is equivalent to the working equipment of the hydraulic excavator. This property represents the sum of angles of the manipulator.

Keywords: planar three link manipulator, hydraulic excavator, working equipment

МЕТОД „ИЗСЛЕДВАНЕ НА ФОРМУЛИ” 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 анализ на съществуващи формули. Той е представен чрез евристичен алгоритъм и е илюстриран чрез пример.

Ключови думи: проектиране, концептуално проектиране, технически обект

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Концептуалното проектиране е основната и най-важна част на процеса на проектиране на технически обект (ТО), резултатите от което предопределят около 2/3 от качеството на бъдещото изделие, в т.ч и разходите за него. В по-голямата си част то представлява творческа дейност. Тъй като за всяка евристична дейност са налице множество методи, следва, че и за концептуалното проектиране съществуват много методи за реализирането му. Някои методи са представени в [2-5, 11,13-15].

Целта на настоящата работа е да се предложи един нов метод за концептуално проектиране на произволен ТО. Същият е получен чрез логичен анализ.

Използуваната в статията терминология е взаимствувана от [5].

Основна идея: Тъй като чрез формули се пресмятат готовите решения на ТО, т.е. между формулите и решенията има връзка, следва, че по формулите могат да се търсят решенията.

Зависимостите, чрез които се пресмята един ТО, може да се считат за вид описание на обекта (различни видове описания са дадени в [4]). Описанието “Формули” може да се дефинира като съвкупност от формули, описващи основните или всички инженерни ефекти (ИЕ) на разглеждания ТО и да се представи по следния начин:

$$\Phi = \langle f(Iz_i, Vx_i) \rangle, i=1,2,\dots,n, \quad (1)$$

където Iz и Vx са съответно изходите и входовете на ТО, n е броят на основните или всичките ИЕ на ТО, f е функционалната връзка между величините в скобите, а $\langle \rangle$ - наредбата на величините.

Описанието „Формули” се явява и математичен модел на ТО, тъй като включва важните за процесите, реализирани в ТО, зависимости.

Едно от най-съществените описания на обект е неговия физически принцип на действие (ФПД), който представлява подредена съвкупност от ИЕ [4]

$$\text{ФПД} = \langle Vx_i, ИЕ_i, Iz_i \rangle, i=1,2,\dots,n, \quad (2)$$

2. ТЕРМИНОЛОГИЯ

Използуваната в статията терминология е в съответствие с тази от [5]. В настоящото изследване допълнително се използва и терминологията за Vx и ИЕ, дадена по-долу.

Вход:

независим- вход, който не участва в обща формула, заедно с другите входове на ИЕ, в който е включен; този вход само подпомага реализирането на ИЕ, *напр. Vx : мех.енергия в ИЕ „включване/ изключване” на ел. енергия*

зависим- вход, който участва във формулата на ИЕ, в който е включен

външен- вход, който постъпва в ТО от околната техническа среда

вътрешен- вход, който се съхранява в ТО

свързващ (произведен) - вход на даден ИЕ, който вход се явява едновременно с това изход на съседен ИЕ; Vx , който се получава чрез съответни преобразувания в ТО

Инженерен ефект:

зависим ИЕ- инженерен ефект, който не притежава независим вход

независим ИЕ- инженерен ефект, който притежава независим вход

3. АЛГОРИТЪМ

I. Технология на надсистемата

Надсистема представлява системата, в която участва и обслужва проектирания ТО, а **технология на надсистемата** е действието (предназначението) на надсистемата.

I.1. Определяне на технологията в надсистемата (системата, в която участва проектирания ТО) чрез търсене на отговор на въпроса “За какво служи... (действието) на надсистемата? или “Каква е целта? Защо трябва да ...(действие) на ТО?”.

Някои примери за технология на надсистемата са: *редуктор (за бормашина): пробиване на метал, намаляване на оборотите на електродвигател; клапан предпазен за кафеарка: получаване на течна кафе; намаляване на налягането на кафеарка.*

I.2. Анализ на възможностите за промяна на технологията. Това е творческа задача, която може да се реши чрез подходящите за тази цел методи - логически разсъждения, евристични методи, случаен начин.

I.3. Уточняване на новите изисквания към проектирания ТО (ако има такива).

II. Инженерна идея

Инженерна идея (ИИ) е начинът за постигане (реализация) на главната функция на физическо, химическо или биологично ниво (в зависимост от характера на потоците, чрез които се осигурява главната функция ГФ).

$$\text{ИИ} = (\text{ГФ}, \text{Н}) \quad (3)$$

където Н е начинът на физическо, химическо или биологично ниво за осъществяването на ГФ на ТО.

ИИ представлява основната идея на ТО, чрез нея се осъществява реализирането на ГФ на ТО. Именно избора на ИИ е една от най-важните стъпки, която насочва следващите действия на проектанта. Примери за ИИ на някои ТО са дадени по-долу.

ТО: *Зъбен редуктор; ГФ:* *Преобразуване на мех. енергия; ИИ при традиционно изпълнение на ТО:* *Въртене чрез контурна двоица;*

ТО: *Пералня; ГФ:* *Почистване на дреха; ИИ:* *Преминаване на течен препарат през дрехата за нейното почистване;*

ТО: *Кафеарка; ГФ:* *Получаване на течна кафе; ИИ:* *Разтваряне на кофеин от насипно кафе в гореща вода;*

ТО: *Крик; ГФ:* *Повдигане на тежест (при малка приложена сила); ИИ:* *Печелене на сила чрез хидравличен “лост” (Закон на Паскал);*

ТО: *Перфоратор; ГФ:* *Получаване на кръгли отвори; ИИ:* *Разкъсване на хартията чрез натиск на детайл с формата на отвора.*

II.1. Определяне на ГФ и изходът Из0 на проектирания ТО.

II.2. Начин на получаване на Из0:

II.2.1. Съставя се класификация на потоците или се използва готова такава. Приема се, че Из0 се получава чрез използване на поток (потоци) от класификацията.

II.2.2. За всеки поток се преценява възможността за получаване на Из0. За тази цел се използва инженерен опит, евристични методи или др. методи.

Формулира се ИИ.

II.2.3. Избира се по приети критерии и методика една или няколко ИИ.

III. „Опаковка” на Из0

Под “опакровка” на Из0 в настоящата работа се разбира видът, под който ще бъде изходящият поток Из0 в момента на напускането му на проектирания ТО, *напр. пакетиран, в отворен съд и т.н.*

III.1. Уточняване на “опаковката” на Из0.

III.2. По информацията от т.1 определяне на входящите потоци (входове) за ФПД, които се получават от гл. т. на „опаковката”.

Съставяне на списък от потоци.

III.3. За всеки поток от списъка от т. III.2:

III.3.1. Уточняване дали той ще се получава (произведен вход) или ще е външен вход, или вътрешен (и непроизведен) вход.

III.3.1.1. За всеки произведен вход се изпълняват IV и V от алгоритъма.

III.3.1.2. За всеки външен вход или вътрешен (непроизведен) вход се уточняват необходимите въздействия върху него с оглед реализацията на изискванията от т. III.1. Тези въздействия ще представляват основни функции (ОФ) и ще се реализират чрез съответни ИЕ, *напр. съхранение, дозиране, провеждане, смесване и т.н.*

Пример

Нека проектираният ТО е устройство за продажба на кафе. При него Из0 е течно кафе.

III.1. „Опаковка”: чаша, бъркалка, течно кафе, захар.

III.2. Входящи потоци: чаша, бъркалка, течно кафе, захар.

III.3.1. Вътрешни (непроизводни) потоци: чаша, бъркалка, захар; производен вход: течно кафе.

III.3.1.1. За получаването на течно кафе се следват основните точки IV и V- вж. основния пример за метода.

III.3.1.2. Всеки от потоците „Чаши”, „Бъркалки” и „Захар” изискват OF_1 : съхранение, OF_2 : дозиране и OF_3 : провеждане.

IV. Гл.т. „Базово функциониране” (зависими ИЕ)

IV.1. Определяне на входа на ТО (Vx_0).

Вариант: Не се приема Vx_0 , т.е. той остава първоначално неизвестен, а на по-късен етап (т. V) се уточнява.

IV.2. Уточняване на границите на изменение на Из0-min- max, като е възможно min= max (ако стойностите не са зададени в т. “Изисквания към проектирания ТО”- вж. заб. към т.IV.4.1).

IV.3. Определяне на величините, които директно или чрез въздействието върху които би се получил Из0:

IV.3.1. Задава се въпросът „По какъв начин може да се получи Из0?”. Нека отговорът е „величина V_1 ”.

IV.3.2. При откриване на величина V_1 се задава въпросът „Как се създава величината V_1 ?”. Нека отговорът е величина V_2 .

IV.3.3. Задава се въпросът „Как се създава величината V_2 ?”.

IV.3.4. Процесът на задаване на въпроси за получените в предходната точка величина продължава докато е възможно.

Нека тези величини бъдат наречени **управлявани** величини.

Съставяне на списък от управлявани величини.

IV.4. За всяка управлявана величина от т. IV.3.4:

IV.4.1. Търси се в база данни с формули или от литературни източници на всички налични зависимости, в които участва разглежданата управлявана величина.

Съставяне на списък на зависимостите.

Заб. В началото на алгоритъма не е включена дейност по определяне на изискванията към проектирания обект, тъй като се приема, че тази дейност е извън концептуалното проектиране.

IV.4.2. За всяка зависимост от списъка:

IV.4.2.1. Представя се във вида $V = f(O_i)$, където O_i са останалите елементи на зависимостта.

IV.4.2.2. Анализ на формулата от т.IV.4.2.1, който включва:

а) определянето на управляващите величини; **управляващи** U са тези величини, от наличието и промяната на които (условие) следва получаването и промяната (следствие) на разглежданата управлявана величина (Из) при постоянство на останалите величини от формулата, т.е. налице е причинно- следствена връзка между управляваща и управлявана величина.

б) останалите величини (ако има такива) са константите (Const) в зависимостта; Const са всички елементи на зависимостта, които не се явяват управляващи величини.

Липсата на управляващи величини във формулата е един критерий за нейното отстраняване от разглеждане.

в) проверка на възможността да се получи Из0 в желаните граници (т.IV.2).

Липсата на тази възможност е втори критерий за нейното отстраняване от разглеждане.

Съставяне на списък от управляващи величини.

Управляваната величина е Из0 на последния ИЕ на ФПД, а управляващите- входове за този ИЕ. По зависимостта се определя ИЕ. По този начин се получава Vx_n на последния ИЕ. Тъй като $Vx_n = Из_{n-1}$ изходът на предпоследния ИЕ е известен.

Така се получават един или повече варианти от последния ИЕ. Избира се:

- а) един от тях или
- б) няколко от тях или
- в) всички

В настоящия алгоритъм се разглежда само случай а).

Заб. Ако получените ИЕ са незадоволителни се преминава към:

- а) определя се изходящия поток на ТО;
- б) уточняват се величините, които характеризират потока; това са единиците за измерване

на съответния поток, дадени в Международната измерителна СИ; тези величини се приемат за управлявани величини;

в) повтарят се т.IV.4.

По-нататък се преминава към преходен ИЕ (т.IV.5).

IV.5. За всеки входящ поток на ИЕ се задава въпросът „Вх ще бъде произведен, външен или вътрешен (непроизведен)?“. Критерий е възможността за реализиране на вътрешен вход и ако тя е налице- целесъобразността от него. Често входът е външен.

При наличие на произведен вход се преминава към т.IV.6, а при наличие на вътрешен (непроизведен) вход се уточнява как той ще се реализира. Външният вход не изисква допълнителни действия.

IV.6. За всяка управляваща величина (вход на ИЕ):

IV.6.1= IV.3, но за $I_{z_{n-1}}$.

IV.6.2.=IV.4, но за $I_{z_{n-1}}$.

IV.6.3. Съгласуване на $I_{z_{n-1}}$ и V_{x_n} :

Дейността от т. IV.4.2.2в в случая представлява съгласуване, т.е. проверява се дали изходът $I_{z_{n-1}}$ на разглеждания ИЕ може да се реализира в границите на V_{x_n} , *напр. ако V_{x_n} е определено преместване, то дали $I_{z_{n-1}}$ на разглеждания ИЕ може да реализира това преместване.* Проверката се извършва чрез литературен анализ на ИЕ, вкл. и чрез извършване на пресмятания по съответни формули.

Ако съгласуването е положително, то ИЕ_{n-1}, отговарящ на разглежданата формула е възможен за използване. Ако съгласуването е отрицателно- разглежданата зависимост- ИЕ отпада.

Заб. Вж. забележката към т.IV.4, но по отношение на разглеждания Из.

IV.7. Този процес на разкриване отзад- напред (всъщност отляво наляво) на ИЕ продължава докато се достигне до задания в т.IV.1 V_{x0} (фиг.1- прието е условно, че броят на входовете за всеки ИЕ е равен на 2). Преминава се към т.V.

Ако V_{x0} не е известен, то се преминава към т. IV.8.

IV.8. Преценява се необходимостта от продължаване на ФПД наляво. Като критерий може да служи възможността за доставяне от околната техническа среда на тези потоци.

V. Гл.т. „Спомагателно функциониране” (независими ИЕ)

V.1. За всеки Вх на получения по- горе ФПД се уточнява вида на потока- прекъснат или непрекъснат. При първия поток е необходимо осигуряване на прекъсването и пропускането му в съответен етап от функционирането на ТО.

Ако потокът е прекъснат (дискретен) се преминава към т. V.2, а ако е непрекъснат- към т. VI.

V.2. По продължение на линията, изобразяваща потока, се добавя независим ИЕ от вида „Включване/ изключване” („Спиране/ пускане”, „Отваряне/затваряне” и др. подходящо наименование).

V.3. Уточнява се формулата на този ИЕ, като в нея не участва чрез свои величини потокът от т.V.2.

Заб. Изясняването на вида на потока на разглеждан ИЕ и последващите действия от т.V може да се извърши и в т.IV веднага след получаването на съответния ИЕ.

Трябва да се отбележи, че формулите не включват независими ИЕ, поради което чрез зависимостите е невъзможно да бъдат открити този вид ИЕ. По тази причина логически се преценява къде има необходимост да се добави независим ИЕ.

VI. Управление

За отбелязване е, че тук се разглежда само включването и изключването на ТО, тъй като самото управление като процес, при който при необходимост се проектира система за автоматично управление е извън обхвата на настоящото изследване.

VI.1. Уточняване на необходимостта от включване и изключване на обекта- работно и аварийно.

При положителен отговор се преминава към т.VI.2, а при отрицателен- към т.VII.

VI.2. Уточняване на начина на реализиране на функцията- чрез покупни изделия или чрез проектиране.

При решение „покупни изделия”- във ФПД на проектирания ТО се отразява функцията, а при решение „проектиране” се преминава към т. VI.3.

VI.3. Като се разглежда като самостоятелно изделие новото изделие се проектира по настоящия алгоритъм, като се започне от т.I. След по-

лучаване на неговия ФПД, същият се присъединява към ФПД на основното изделие.

VII. Гл.т. „Безопасност”

VII.1. След анализ на получения до този момент ФПД се преминава към отразяване на резултатите от анализа в него. За анализ от гл.т. на безопасност вж. [9].

VIII. Др.гл.т.

VIII.1. Избор на други гледни точки, напр. експлоатация, обслужване, ремонт, утилизация и др.

VIII.2. За всяка избрана гл.т:

VIII.2.1. Анализ на съответната дейност, проблемите, които се появяват и начина на тяхното решаване.

VIII.2.2. Отразяване на резултатите от анализа в получения до този момент ФПД.

Заб. Една и съща формула (ИЕ) може да се повтаря във ФПД, но при наличие на инженерна обосновка за това.

IX. Пресмятания

Алгоритъмът за необходимите пресмятания, които трябва да се извършат от теоретична гл.т. са дадени в [6].

X. Опростен сборен чертеж

X.1. Материализация на формула:

X.1.1. Уточняване на условията, при които е изведена формулата. Тези условия трябва да бъдат реализирани в материализацията на формулата.

X.1.2. Проблеми за решаване:

A. Проблеми от формулата:

A1. Определяне за всяка величина от формулата с каква съставна част (и евентуално характеристиката на съставна част, *напр. размери, форма, материал и др.*) е свързана.

A2. Всяка величина изисква решението на съответен проблем (проблеми). За тази цел се съставя проблем за решаване, свързан с осигуряването на всяка величина чрез съставната част или характеристиката ѝ (т.А1). Подходящи въпроси за задаване са: какъв, по какъв начин, колко, как и др.

A3. По информацията от т. А1 и А2 уточняване на наименованията на съставните части на материализацията на формулата и главната функция на всяка съставна част.

Б. Проблеми от ФПД:

Б1. Начин на свързване на материализациите на всички формули (ИЕ).

Тук става дума само за един възможен начин на свързване, тъй като по принцип търсене на варианти на взаимно разположение е обект на геометричното проектиране на ТО, което не е обект на настоящото разглеждане.

В. Проблеми извън ФПД:

В1. Определяне на околната техническа среда (ОТС), с която ТО взаимодейства.

В2. Оформя се проблем от вида “Начин на свързване на всеки външен Вх и външен (изведен) Из с ОТС”.

X.2. Търсене на решение на проблемите и съставяне на опростен сборен чертеж на проектираното изделие.

Търсенето на материализация на формула по принцип е творческа задача и като такава може да се реши както чрез логически разсъждения, така и чрез подходящи евристични методи. Дейностите от по-горе (т. IX) са предназначени за насочване на търсенето на решение. Съгласно Твърдение 8, дадено по-долу, броят на материализациите на една формула е голямо число.

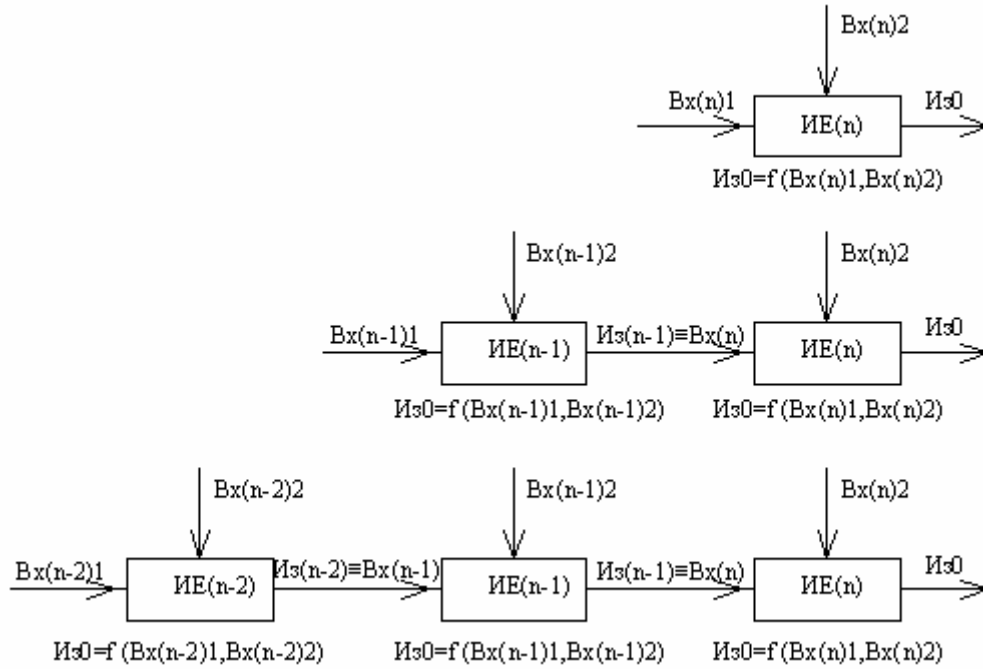
Трябва да се отбележи, че в процеса на концептуалното проектиране разглежданият алгоритъм се явява итерационен, т.е. възможно е многократно да се добавя (променя) базовия ФПД (получен в края на т. IX от алгоритъма) в зависимост от получена нова информация. Така например след получаване на базовия вариант се провеждат пресмятания от I и II ниво [6], които може да изискват съответни промени. Същото се отнася при последващи уточнени пресмятания (III и IV ниво), при осигуряване на необходимите стойности на величини на потоците и др. Итерационният характер не е отразен в алгоритъма с цел неговото опростяване.

Пример: Да се проектира ТО „Прекъсвач”.

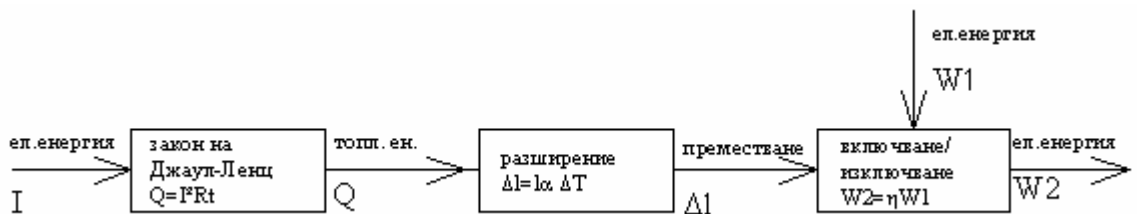
I.1. За какво служи включването и изключването на ел. вериги чрез прекъсвача?

За включване и изключване на ел. уреди.

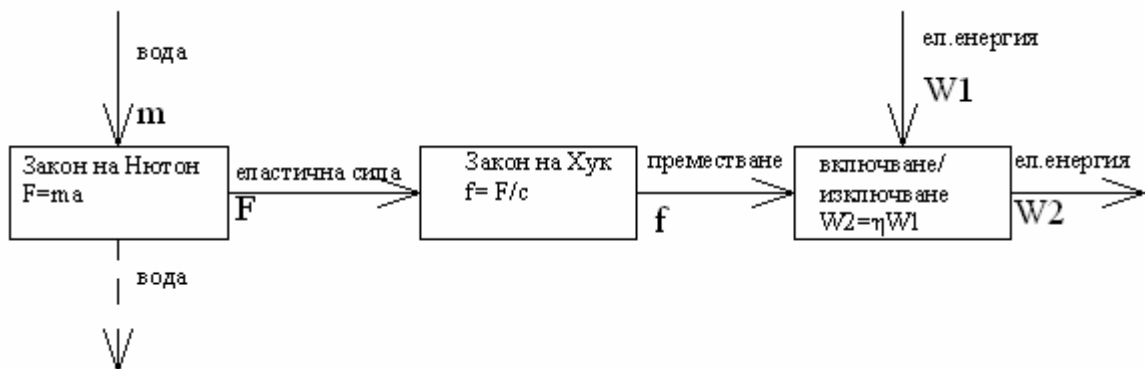
I.2. Един възможен начин за включване и изключване на ел. верига е като уредът сам се включва и изключва, напр. по аналогия с тостер, който се включва чрез датчик за тегло и реле при поставяне на филийки в него и се изключва чрез датчик за време и релето.



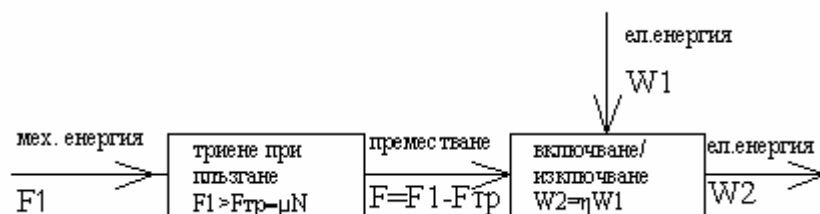
фиг.1 Построяване на ФПД



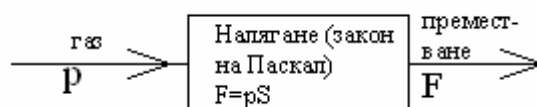
фиг.2 ФПД на прекъсвач с преместване чрез ИЕ „Топлинно разширение“



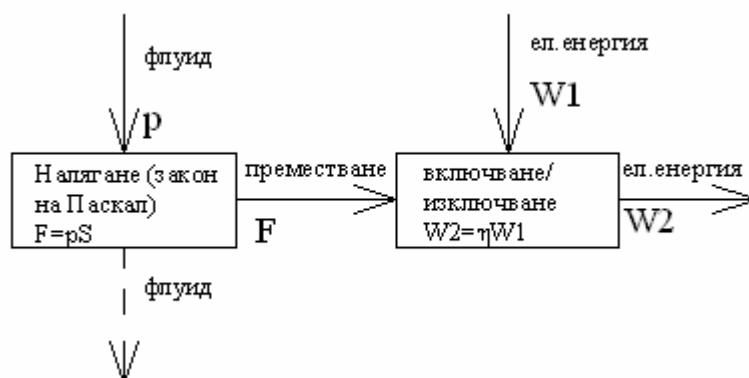
фиг.3 ФПД на прекъсвач с преместване чрез ИЕ „Закон на Хук“



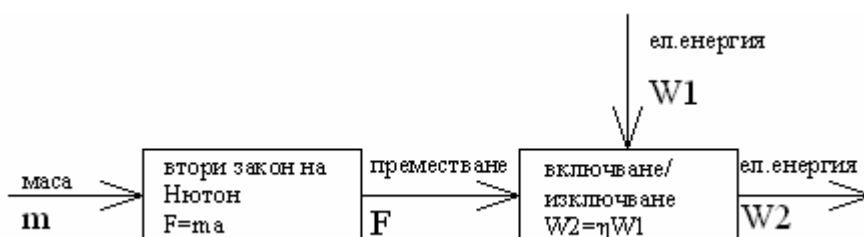
фиг.4 ФПД на прекъсвач с преместване чрез ИЕ „Триене при плъзгане”



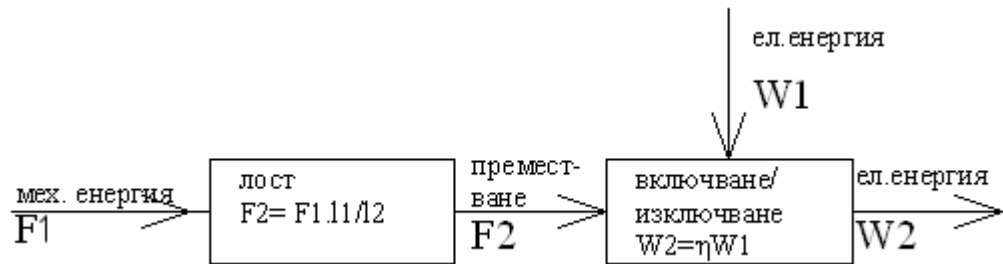
фиг.5 ФПД на прекъсвач с преместване чрез ИЕ „Налягане (Закон на Паскал)”



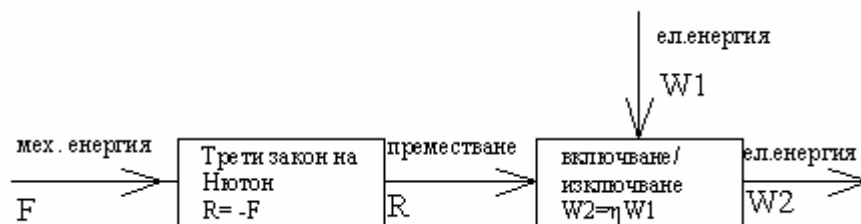
фиг.6 ФПД на прекъсвач с преместване чрез ИЕ „Налягане (Закон на Паскал)”



фиг.7 ФПД на прекъсвач с преместване чрез ИЕ „Втори закон на Нютон”



фиг.8 Прекъсвач с преместване чрез ИЕ „Лост“



фиг.9 Прекъсвач с преместване чрез ИЕ „Трети закон на Нютон“

Реализирането на тази идея означава, че за всеки вид уред трябва да се проектира автоматизирано комутирание на ел. вериги, което ще се осъществява от специфични за уреда свойства. По тази причина се приема, че технологията няма да се променя.

II.1. ГФ: прекъсвачът е устройство за включване и изключване на контактни пластини, през които протича ел. ток. Из0: преместване.

II.2.1. Ще се ползува класификацията от [5].

II.2.2. Някои идеи са:

III1: ръчно преместване на част от прекъснат проводник или механично автоматично негово преместване, напр. чрез реле (електромагнитен начин) с цел съединяване или разединяване на прекъснатите части; и двата начина имат една и съща III, която се реализира по различен начин, а именно III е „преместване на част от проводник“.

III2: разкъсване на един от проводниците и последващо съединяване на разкъсаната част;

II.2.3. Избор на III1.

III.1. Липсва „опаковка“, тъй като директно се комутира входящ и изходящ поток от ел. енергия.

IV.1. Не се приема V_{x0} , тъй като по този начин се разширява броят на възможностите.

IV.2. Нека експериментално да е установено, че $Из0=3$ тт.

IV.3.1. „По какъв начин може да се получи преместване?“. Чрез промяна на дължина l . Величина V_1 : (промяна на) дължина l .

IV.3.2. „Как се създава величината “(промяна на) дължина”? Чрез сила F , т.е. V_2 : сила F .

IV.3.3. „Как се създава величината “сила”?“. V_3 : налягане p .

IV.3.4. „Как се създава величината “налягане”?“. V_4 : сила F .

Управлявани величини: дължина l , сила F и налягане p .

IV.4.1. Съвкупността от формули, която се анализира е тази, дадена в [12], заедно с включеното в книгата Приложение 1. С оглед намаляване на заемания обем се разглежда само част от съвкупността, като анализиратите формули за дадени по-долу (вж. фиг.2-9). В някои от тези зависимости са променени буквените означения с цел избягване на едни и същи означения на различни величини.

В съвкупността от формули се търсят тези формули, които съдържат- l и/или F и/или p .

IV.4.2. Зависимост (топлинно разширение)

$\Delta l = \alpha \Delta T$, където Δl е удължение, l - дължината на тялото, α - коефициент на линейно разширение и ΔT - температурната разлика.

IV.4.2.1. Зависимостта е представена в този вид по- горе.

IV.4.2.2. а) при приет материал и дължина само наличието на ΔT води до появата на величината Δl ; поради това управляваща величина U е: ΔT ; вход на ИЕ "Нагриване" ще бъде ΔT , което е величина на топлинен поток;

б) Const: l, α ;

в) $\Delta l = 5 \text{ mm}$ е постижима стойност чрез нагриване.

$V_{x_n} = I_{z_{n-1}}$: топлинен поток с величина ΔT .

IV.5. V_{x_n} : външен вход.

IV.6.1. „По какъв начин може да се получи топлинен поток?“. Чрез промяна на температурата T .

„Как се създава величината “(промяна на) температура”? Чрез количество топлина Q .

Управлявани величини: T, Q .

IV.6.2. а) Зависимост "Закон на Джаул-Ленц" $Q = I^2 R t$, където Q е количеството топлина, I - силата на протичащия ток през проводник със съпротивление R , а t е времето.

U : I ; Const: R, t . В случая е прието, че съпротивлението е постоянно, което не е задължително. Ако се приеме, че съпротивлението е променливо, то R се превръща в управляваща величина.

$V_{x_{n-1}} = I_{z_{n-2}}$: електрически поток с величина I .

$V_{x_{n-1}}$: външен вход.

III.7-8. Приема се, че $V_{x_{n-1}} = V_{x0}$.

Някои други зависимости с управлявани величини T или Q са дадени по- долу.

IV.6.2'. б) Зависимост „Закон на Шарл“ $T_1/T_2 = p_1/p_2$, $p/T = \text{const}$, $V = \text{const}$, където p е налягането, а T - абсолютната температурата на дадена маса идеален газ, а 1 и 2 са две състояния на газа.

IV.6.2''. в) Зависимост "Вихрови токове" $Q \sim (d\Phi/dt)^2$, където Q е количеството топлина, а $d\Phi/dt$ е скоростта, с която се изменя магнитния поток Φ .

Нека за по- нататъшно разглеждане се приеме вариантът а).

V.1. В горните разглеждания са налице два входа: ел. енергия и топлинна енергия. И двата потока са прекъснати.

V.2. Спирането на ел. потока ще спре и топлинния поток, поради което само тук е необходимо добавяне на независим ИЕ "Включване/изключване".

От друга страна чрез прекъсвача се комутират ел. вериги, т.е. в него участва като входящ и изходящ поток ел. енергия, която прекъсвачът включва и изключва. Ето защо във ФПД на проектираното изделие, след ИЕ "Нагриване", трябва да се включи ИЕ "Включване/изключване".

V.3. Входящият и изходящият поток е ел. енергия, която се променя от загубите при пренасянето ѝ през проводниците и през прекъсвача. Като формула за ИЕ "Включване /изключване" може да се използва зависимостта $W_2 = \eta W_1$, където W_1 и W_2 са условно наречени съответно входящата и изходящата мощност, а η е коефициентът на полезно действие.

Полученият ФПД е представен на фиг.2. На фиг.10 е даден един възможен опростен сборен чертеж, получен по ФПД от фиг.2. Един метод за получаване на сборен чертеж по зададен ФПД е представен в [4].

VI. Самият проектиран обект има предназначението за включване и изключване на ел. поток. Неговото включване ще се извършва ръчно, а изключването му автоматично.

Заб. Т.т.VII-IX от алгоритъма се пропускат поради ограничения обем на статията.

X.1. Формула $\Delta l = \alpha \Delta T$

X.1.1. Коефициентът α се смята за постоянен (независещ от температурата) за даден температурен интервал. В този интервал се счита, че дължината се изменя по линеен закон.

X.1.2. А.1. Δl с размер на удължител; l с размер на удължител, α - с материала на удължител, ΔT - входящ топлинен поток, който се предава на удължителя.

А2. Проблеми:

- каква да бъде стойността на Δl ?

- каква да бъде стойността на l ?

- какъв да е материала на удължителя?

- по какъв начин да се предаде топлинния поток на удължителя?

А3'. Удължител; $G\Phi$: удължение.

X.1'. Формула $Q = I^2 R t$

X.1.1'. Липсват.

X.1.2'. A.1'. Q с топлината, която се отделя от проводник, по който протича ел. ток; I е свързан със съпротивлението на проводника R и приложеното напрежение върху проводника U ; R с материала, дължината и сечението на проводника, t не е свързано пряко с конкретна съставна част.

A2'. Проблеми:

- каква да бъде стойността на Q ?
- каква да бъде стойността на R и U ?
- какъв да е материала, дължината и сечението на проводника?
- по какъв начин да се предаде напрежението на проводника?

A3'. Ел. проводник; ГФ: загреване.

X.1''. Формула $W_2 = \eta W_1$

X.1.1''. Липсват.

X.1.2''. A.1''. W_1 с входящите постоянен ток I и напрежение U при липса на комутация, η с начина на реализиране на комутацията, а W_2 с тока I и напрежението U в проводниците и комутатора при наличие на комутация.

A2''. Проблеми:

- каква да бъде стойността на W_2 ?
- по какъв начин да се реализира комутацията?

- каква да бъде стойността на W_1 ?

A3''. Ел. проводник; ГФ: провеждане на ел. ток.

Един възможен вариант на проектирания ТО, представен чрез опростен сборен чертеж е показан на фиг.10. Основните съставните части на ТО за посочени под изображението.

Крайните резултати от приложението на алгоритъма с други зависимости са представени на фиг.3-17, като съответствието между изходната зависимост (Зав), ФПД и опростен сборен чертеж (ОСЧ) е както следва:

а) Зав: $F = cf$, където F е натоварването, f - деформацията, а c - коефициентът на еластичност; ФПД: фиг.3; ОСЧ: фиг.11;

б) Зав: $F_{тр} = \mu N$, където $F_{тр}$ е силата на триене, μ е коефициентът на триене при плъзгане, а N - нормалната сила; ФПД: фиг.4; ОСЧ: фиг.12;

в) Зав: $F = pS$, където F е силата, p - налягането, а S - площта; ФПД: фиг.5; ОСЧ: фиг.13;

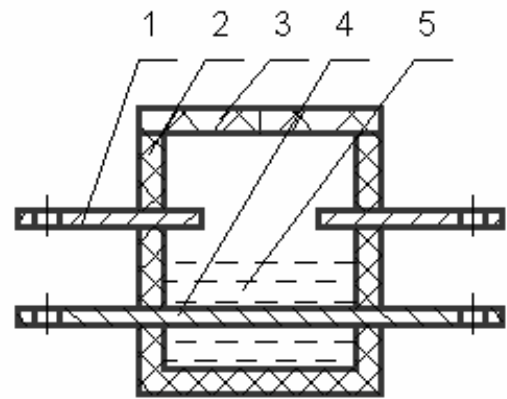
г) Зав: $F = pS$, където F е силата, p - налягането, а S - площта; ФПД: фиг.6; ОСЧ: фиг.14;

Заб. Случаи в) и г) са вариантни материализации на една и съща зависимост.

д) Зав: $F = at$, където F е силата, действаща отвън на системата, a - земното ускорение, а t - масата на системата; ФПД: фиг.7; ОСЧ: фиг.15;

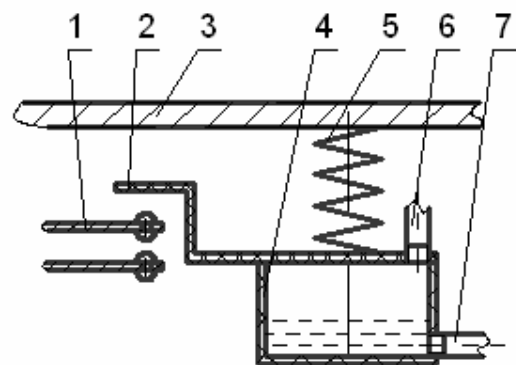
е) Зав: $F_1 = F_2 l_2$, където F_1 и F_2 са силите, приложени съответно към едното и другото рамо на лоста, а l_1 и l_2 - дължините на двете рамена на лоста; ФПД: фиг.8; ОСЧ: фиг.16;

ж) Зав: $R = -F$, където R е реакцията, а F - въздействаща сила; ФПД: фиг.9; ОСЧ: фиг.17.



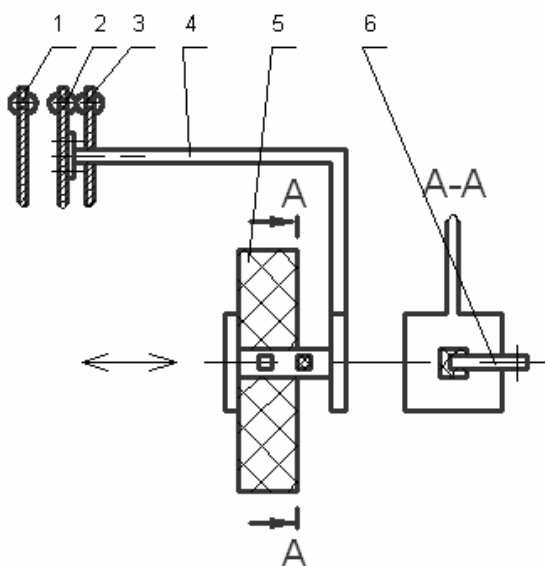
фиг.10 Прекъсвач с преместване чрез ИЕ „Топлинно разширение”

Съставни части: 1- контактна пластина, 2- корпус, 3- капак, 4- нагревател (проводник- опростено представяне; изоляцията не е изобразена), 5- електропроводима течност (удължител)



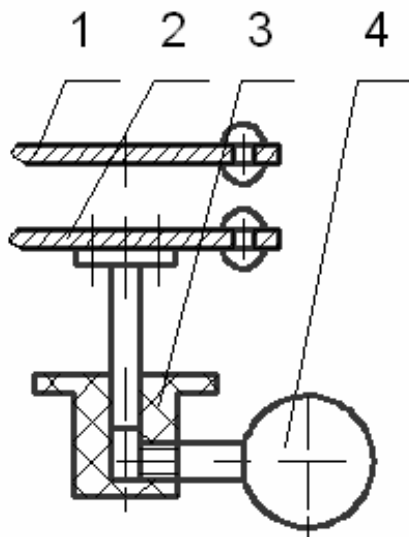
фиг.11 Прекъсвач с преместване чрез ИЕ „Закон на Хук”

Съставни части: 1- контактна пластина, 2- тласкач, 3- опора, 4- корпус, 5- пружина, 6- тръба входна, 7- тръба изходна



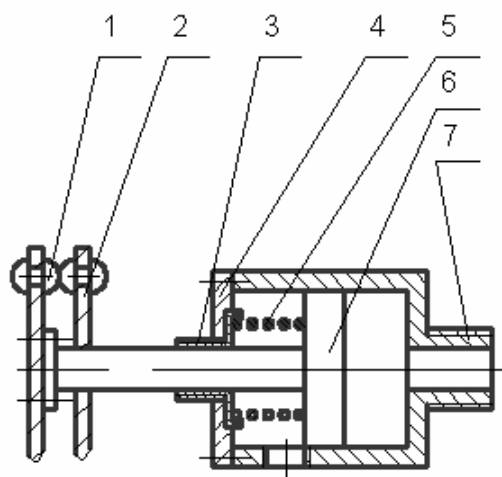
фиг.12 Прекъсвач с преместване чрез ИЕ „Триене при плъзгане”

Съставни части: 1- лява контактна пластина, 2- средна контактна пластина, 3- дясна контактна пластина, 4- плъзгач, 5- основа, 6- предпазител



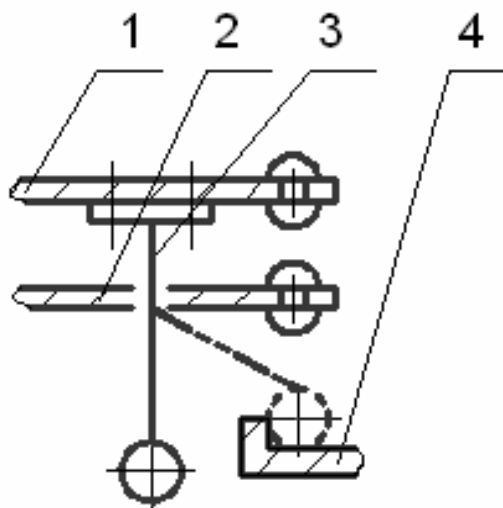
фиг.13 Прекъсвач с преместване чрез ИЕ „Налягане (Закон на Паскал)”

Съставни части: 1- горна контактна пластина, 2- долна контактна пластина, 3- резервоар, 4- помпа



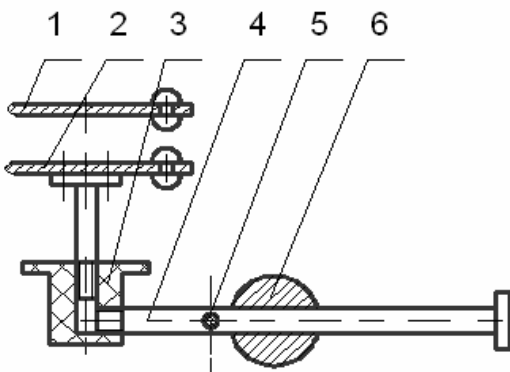
фиг.14 Прекъсвач с преместване чрез ИЕ „Налягане (Закон на Паскал)”

Съставни части: 1- подвижна контактна пластина, 2- неподвижна контактна пластина, 3- опора, 4- капак, 5- пружина, 6- бутало, 7- цилиндър



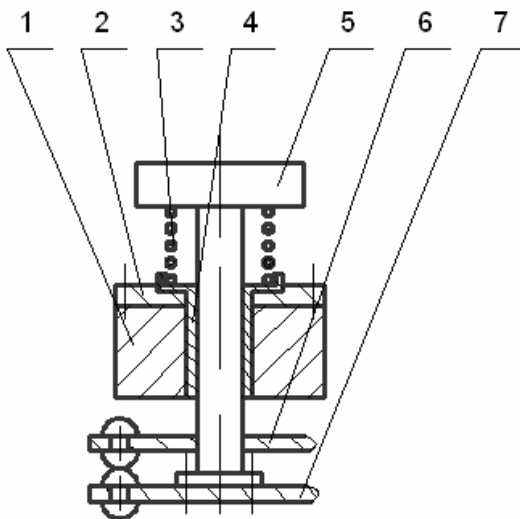
фиг.15 Прекъсвач с преместване чрез ИЕ „Втори закон на Нютон”

Съставни части: 1- горна контактна пластина, 2- долна контактна пластина, 3- тежест, 4- опора



фиг.16 Прекъсвач с преместване чрез ИЕ „Лост“

Съставни части: 1- горна контактна пластина, 2- долна контактна пластина, 3- основа, 4- лост, 5- ос, 6- тежест



фиг.17 Прекъсвач с преместване чрез ИЕ „Трети закон на Нютон“

Съставни части: 1- основа, 2- капак, 3- пружина, 4- втулка, 5- бутон, 6- горна контактна пластина, 7- долна контактна пластина

4. ТВЪРДЕНИЯ

Твърденията в настоящата работа представляват обобщение на закони, закономерности, принципи и правила. По-долу са изведени някои твърдения, отнасящи се до настоящия метод,

както и до концептуалното проектиране като цяло.

Твърдение 1: Методите за концептуално проектиране на конкретен ТО съставят евристична безкрайност (броят им е голямо число)

Доказателство: Съгласно Твърдение 30 [8] методите, чрез които може да се реши една евристична задача съставят евристична безкрайност, а тъй като концептуалното проектиране е преди всичко творческа дейност, чието предназначение е решение на креативна задача по проектиране, то и методите за концептуално проектиране ще съставят евристична безкрайност.

За евристична безкрайност [8] е прието числото 1 000 000.

Твърдение 2: От даден вид описание на технически обект може да се получи евристично безкрайна съвкупност от решения на обекта (броят на решенията е голямо число)

Доказателство: Видове описания на ТО са представени в [4]. Нека се приеме за изходно даден вид описание. От една страна модификациите на ТО съставят евристична безкрайност [Твърдение 5 [8]], а от друга страна всяка модификация може да се представи чрез приетия вид изходно описание, което означава, че тази модификация може да бъде получена по това описание ако то предварително бъде съставено. От това следва, че всички модификации на обекта могат да се получат по изходния вид описание.

Като следствие от горното твърдение по отношение на конкретно описание- „формули“ следва

Твърдение 3: Броят на решенията на технически обект, получени чрез формули, съставлява евристична безкрайност (броят на решенията е голямо число)

Към тези твърдения могат да се добавят и твърденията, които важат за всеки метод на проектиране, които отнесени към разглеждания метод ще изглеждат така

Твърдение 4: От метода „Изследване на формули“ може да се получи мегаметод (Твърдение 29 [8])

Под термина „мегаметод“ се разбира метод, чрез който се получават множество (фамилия) от методи за концептуално проектиране.

Твърдение 5: Методът „Изследване на формули“ може да бъде модифициран (Твърдение 32 [8])

Твърдение 6: Методът „Изследване на формули“ за концептуално проектиране на ТО може да се използва за развитие на себе си (Твърдение 36 [8])

В [8] са дадени доказателствата на горните три твърдения, но отнесени за произволен евристичен метод. Тъй като при концептуалното проектиране като правило се решава творческа задача чрез използване на евристични методи, то общите твърдения от [8] могат да бъдат отнесени и до всеки метод за концептуално проектиране, в случая методът „Изследване на формули“.

Твърдение 7: Всяка формула, съдържаща технически величини, се явява количествен израз на инженерен ефект

Доказателство: Инженерен ефект [5] е закон или следствие, или придружаващо ги явление, които са намерили или могат да намерят приложение в ТО. В [7] се разглежда неяснотата на дефинициите за закон, закономерност, правило и принцип и се обосновава правилността на използване на обобщен термин “твърдение”.

Всяка формула съдържа съществени и обективно съществуващи връзки между величини и по тази причина може да бъде наречена количествен израз на твърдение. Дали и кога дадено твърдение ще намери приложение в бъдещи ТО (ако не е намерило в съществуващите такива) е трудно да се докаже, но съвсем логичен изглежда изводът, че е въпрос на време всяко твърдение, отнасящо се до технически величини, да бъде включено в някакъв ТО.

Твърдение 8: Материализациите на всяка формула съставят евристична безкрайност (броят им е голямо число)

Доказателство: Съгласно Твърдение 5 [8] броят на модификациите на евристичен обект съставят евристична безкрайност. Тъй като материализация на формула представлява евристичен обект, т.е. обект, който съдържа творчески проблем, то Твърдение 5 важи и за нея.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Формулите са вид описание на ТО. Те се различават от останалите описания на ТО [4] по

това, че включват управлявана и управляващи величини, които могат да служат като основа при търсене на материализация на формулата, респективно ИЕ, на който тя е носител.

Методът „Изследване на формули“ може да се използва както при „ръчно“ концептуално проектиране на произволен ТО, така и като база за автоматизирано проектиране на ФПД чрез съставяне на база данни от формули- ИЕ.

Литература

1. Лойполд В. и др. Справочник технически формули, превод от немски, С., Техника, 1971.
2. Лепаров М. Метод “Обединяване на съществуващи изделия” за концептуално проектиране на технически обекти, XXI международна научно-техн. конф. „Автоматизация на дискретното производство” АДП 2012, Созопол, 2012.
3. Лепаров М. Метод “Графово моделиране” за концептуално проектиране на технически обекти, Българско списание за инженерно проектиране, 2012, №16.
4. Лепаров М. Метод “Описания” за концептуално проектиране на технически обекти, Българско списание за инженерно проектиране, 2012, №10.
5. Лепаров М., М.Вичева, М.Георгиев Основи на инженерното проектиране, С., Софттрейд, 2011.
6. Лепаров М. Относно пресмятанията в процеса на проектиране на технически обекти, Българско списание за инженерно проектиране, 2011, №9.
7. Лепаров М, М.Попов Евристичный подход при формировании утверждений в технетике, Технетика и симеотика, Ценологические исследования, Центр системных исследований, М., 2011.
8. Лепаров М. Твърдения в теорията на евристичното проектиране, Българско списание за инженерно проектиране, 2010, №5.
9. Лепаров М. Относно осигуряването на безопасността на техническите обекти, XIX нац. научно-техн. конф. с межд. участие „Автоматизация на дискретното производство” АДП 2010, Созопол, 2010.
10. Нанчева Н.М. Физични ефекти и явления, С., Сиела, 2003.
11. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества, С-Петербург, изд. Лань, 2007.
12. Половинкин А.И., Н.И.Вершинина, Т.М.Зверева Функционально- физический метод поискового конструирования, Иваново, Ивановский государственный университет, 1983.
13. Koller R. Konstruktionsmethode für den Maschinen-Geräte- und apparatebau- Berlin: Springer-Verlag, 1976.
14. Otto K., K. Wood Product Design. Techniques in Engineering and New Product Development, NJ, Prentice Hall, 2001.

15. Pahl G., W. Beitz. Engineering Design. A Systematic Approach, Springer- Verlag Berlin, 2001.

METHOD “EXAMINATION OF FORMULAS” FOR CONCEPTUAL DESIGN OF TECHNICAL OBJECTS

Michail LEPAROV

Department of Fundamentals and Techniques of Design, 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 the analysis of existing formulas. It is represented by the heuristic algorithm and illustrated by an example.

Keywords: design, conceptual design, technical object

LEAN MANUFACTURING APPROACH IN THE OPTIMIZATION OF SEVERAL PROCESSES OF TOOLING AND EQUIPMENT PROVISIONING, MAINTENANCE AND UTILIZATION IN A COMPANY FOR MAINTENANCE, REPAIR AND OVERHAUL OF AIRCRAFTS

Krustina ATANASSOVA

English Language Faculty of Engineering, Technical University - Sofia, Bulgaria
krustina.atanassova@gmail.com

Abstract: The LEAN Manufacturing Approach is applied within an organization dealing with maintenance, repair and overhaul of aircrafts in order to define and manage several critical points regarding the tooling and equipment provisioning, maintenance and utilization. The purpose of this paper is the development of a scientific approach for the problem solving part and clarification of the specific processes mentioned. It is mandatory the essence of the processes to be improved as a concept in order the company to sustain its continuous improvement philosophy and achieve even better results and success in the future. At the same time the introduction of new processes for maintenance and provisioning is of high importance and needs to be discussed and re-evaluated.

Keywords: LEAN, optimization, pull principle

1. INTRODUCTION

Since the company is quite young, the equipment and tooling are only several years old. There exist some official processes for their provisioning and basic maintenance but they are not thorough and precise enough regarding all of the specific needs and situations up to now. Moreover, unless creating processes for their maintenance there will soon come a need for buying new ones. Of course, it is obvious that investments in buying new ones are inevitable but the question is how much and what exactly. Moreover, the costs for loaning tools and equipment are also present. The company often loans tools from other local as well as foreign companies and this, of course, costs money as well. The described situation, if left like this, will sooner or later lead to serious damages, inefficiencies, unserviceable cases and cost increases, unless corrective measures are taken.

2. COMMENTS AND REMARKS ON THE LEAN APPROACH

Lean Manufacturing is a global organisational approach, aiming at perfection in production via specific tools for improvements, which utilizes all available resources to create real value and supply the customer with it [1]. In this way, the Lean approach identifies all the waste along the product or service

life cycle. When a waste has been located, if it is not useful to some extent, it must be eliminated immediately. If it's application or occurrence are mandatory, at the very least be reduced to the minimum [2].

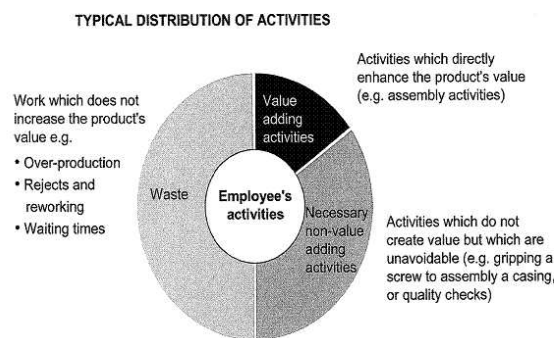


fig.2.1 Typical distribution of activities

Lean implementation is therefore focused on getting the right things, to the right place, at the right time, in the right quantity to achieve perfect work flow while minimizing waste and being flexible and able to change.

Lean aims to make the work simple enough to understand, to do, to manage and to continuously improve it [3].

3. TARGETS OF THE PROJECT

A small transformation project is initiated by the author in order to manage the above mentioned several critical items regarding the tooling and equipment provisioning, maintenance and utilization. The targets of the project can be summarized as follows:

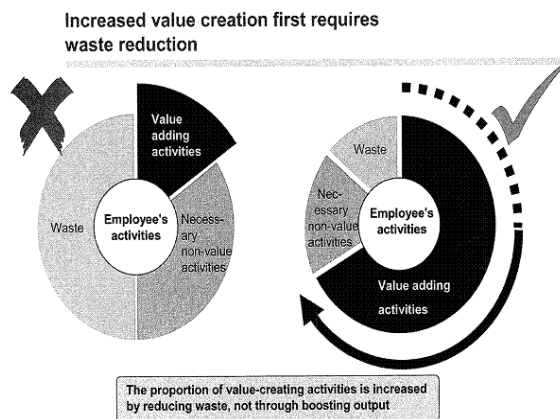


fig.2.2 Increased value creation first requires waste reduction

- cost reduction of purchases of new tools and equipment via sufficient and proper maintenance of the current ones and optimization of the capacity and the workflow;
- decrease of the percentage of broken tools, which will immediately reflect on the reduction of the purchasing cost as well;
- optimization of the process for loaned tools return, faster action with respect to it and efficiency increase;
- 100% safety and security remain as a permanent target.

4. PHASES OF THE PROJECT

Preparation Phase. It is of high importance to be aware of the exact problem from the very beginning. That is why the first step is to identify it precisely and simply. The sharper and shorter it is, the clearer the direction for corrective action is.

Problem formulation. There are not precise enough processes for the tools and equipment maintenance and provisioning and loaned tools procedure. This can lead to serious damage, inefficiencies, un-serviceable cases and cost increases, unless corrective measures are taken.

Storage of tools and equipment. Some of the most rarely used tools and equipment are stored outside the hangar under a shelter. Moreover, often it is not known which equipment exactly where is located since there is no control in case of usage. The mechanics can easily go, take them, use them and then, return them to another location without any problem. A complete follow-up procedure is lacking.

Tools maintenance. As mentioned above, the tools are starting to get older and to break much easily due to incorrect, ineffective or sometimes even no maintenance. Another cost that can be decreased. The need of maintenance procedures is undoubtedly recognized and potential solutions need to be considered as soon as possible.

Loaned tools. There is a procedure when the company loans tools when very specific inspection or test needs to be done, or for some reason the tool is not available in the base. Very often the process of returning the loaned tools to their owner is quite slow.

Communication between all affected parts. The departments most affected are those managing the tools, those transporting them and those working with them. The problems are communicated between them and the management, and an agreement on the necessity of corrective measures is reached.

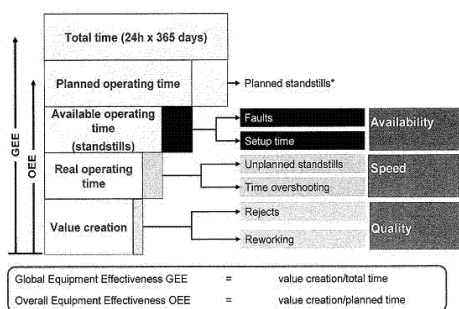
Diagnosis Phase. The goal of this phase is to evaluate alternative solutions and specifications in order to carry out a deeper research into the causes and make assessments from a holistic system's point of view [4].

Storage of tools and equipment. The Ground Support Equipment (GSE) is often too big and not all of it can be stored properly in the currently available space. During the winter or during other severe weather conditions there is no way for it to be left outside the hangar because in this way it can be easily damaged or get un-serviceable.

Tools maintenance. The percentage of broken tools is high. Possible reasons turned to be not properly trained staff or not good quality of the equipment. Some tools / equipment are neither maintained properly, nor sufficiently provisioned.

It is essential to quantify the non-value-adding activities. Interruptions and disruptions affecting the processes need to be correctly recognized. Here the equipment efficiency is being recorded and evaluated. An analysis of the control is carried out.

Comments on GEE and OEE. The GEE and OEE ratios measure the effectiveness of the technical equipment and indicate the specific losses.



* Planned down times are not included in the OEE ratio (unlike the GEE ratio)

fig.4.1 GEE and OEE Ratios

The OEE can be calculated even without precise knowledge of the loss reasons in per cent

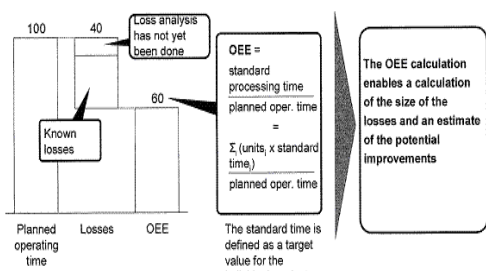


fig.4.2 OEE Calculation

The company is widely well-known for its shortest turnaround time. Obviously, there will always exist a percentage of broken tools taking into consideration the human factor and the working conditions. But even with this percentage the company's OEE is perfect. The work is always performed for shorter time than the one originally planned. Our processing time is always less than the planned operation time. This, of course, does not mean there are 0% losses during the production time, but that these losses are compensated by means of continuous improvement procedures and optimization. That is why, one of the goals of the project is exactly to decrease the losses occurring due to unserviceable or improperly used tools. In addition, the company has always been aiming to sustain a constant flow of the work

without any interruptions, disruptions or waiting time. Obviously, when more tools and equipment are in perfect condition, the smoother will flow the work and less time will be consumed.

Alternatives. An option is to send all of the equipment for regular maintenance abroad in specific intervals of time. This, however, will lead to high expenditures for shipment and for the maintenance itself. Certainly, there is equipment that cannot be maintained by any other than its original manufacturer or authorized staff. Another option is that the authorized personnel of the manufacturer can come to the facility and inspect the equipment on site leading to high expenditures, but without the risk of damage during the transportation. The third option is to create an internal maintenance procedure. This will save much time and resources. The concept needs to be clarified, the possible outcomes to be evaluated and a capacity check needs to be conducted to see which solution is to be implemented.

Loaned tools. What happens is that when a tool or equipment is not available in the base (though it happens quite rarely because the base is completely equipped with all the mandatory ones for its smooth functioning), the equipment is either bought or loaned.

5 WHY Technique – People do not fail, processes do

By means of the 5 WHY technique the core problem is finally reached. The 5 WHY is a rather simple but highly effective method to analyse a situation and understand the major problem in it. When this major problem is realized the solution usually comes logically. The essential part here is to not mix the effects with the causes. The procedure is simple but gives immediate and sharp results. First, the situation is described or in other words, the effect [5]. In our case this is: the process of returning loaned tools is rather slow.

The participants from the departments involved are asked 5 times the question why. The key here is to avoid assumptions and logic traps and instead trace the chain of causality in direct increments from the effect through any layers of abstraction to a root cause that still has some connection to the original problem.

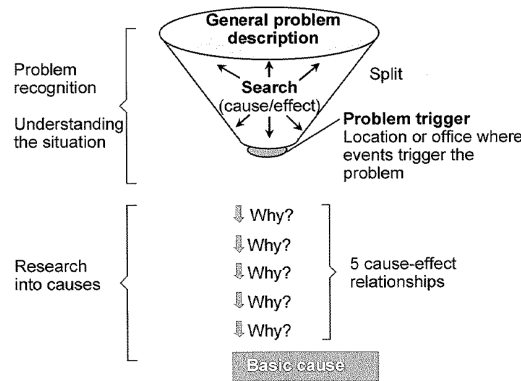


fig.4.3 5 WHY technique

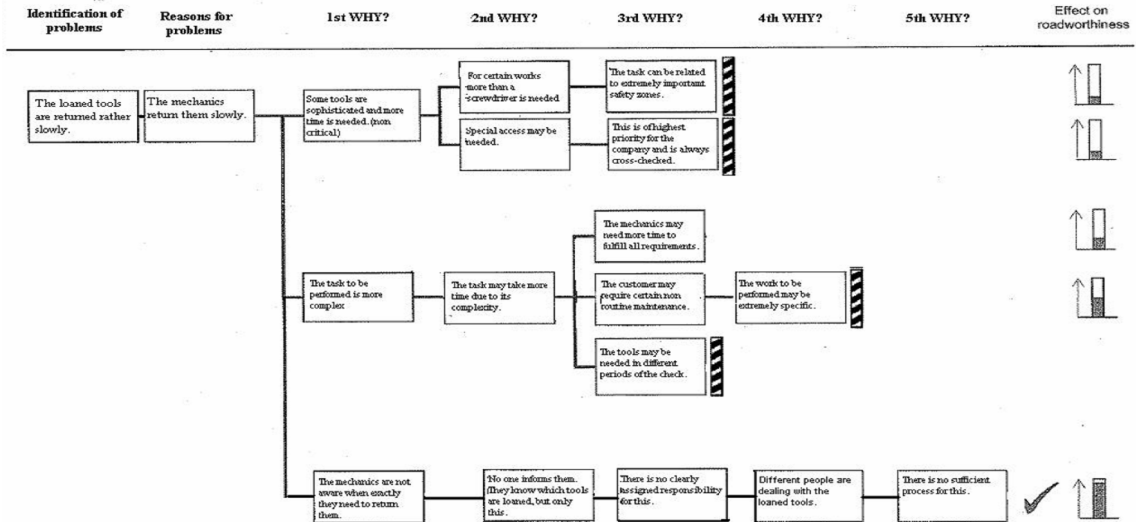


fig.4.4 5 WHY Chart

Note that the fifth why suggests a broken process or an alterable behavior, which is typical of reaching the root-cause level. A key phrase to keep in mind in any 5 Why procedure is "people do not fail, processes do" [6]. The first several answers are too abstract and lead to answers out of our control. Whereas the last flow of questions is actually, the target of the investigation. An insufficient process is in presence.

Problem analysis. The problem emerging here is that quite usually the mechanics having finished with a loaned tool do not return it back for shipment immediately. The tool is being left at the workstation for some time until someone remembers to give it back. Of course, sometimes the process is faster, but until it

is documented, implemented and controlled properly, there will always be delays. Usually, the awareness whether a specific tool is loaned or not, is present, but having no timeline restrictions allows to not strictly pay attention to the time factor. Moreover, sometimes the Ground Support Equipment engineers return the equipment by themselves. Sometimes the shipping department performs this and sometimes representatives of the lending companies come to take them while bringing or taking some other equipment from or to the base.

A deeper understanding – the GSE engineer role. In order to shed more light on the specifics of the loan of tools and equipment and further dig into

the core of the problem, it is essential to describe the GSE engineer responsibilities. The GSE engineer is responsible mainly for:

1) Assuring the necessary equipment and tooling availability in the base. This generally, includes buying, loaning and maintenance.

2) The loan agreement of certain equipment, irrespectively of whether it is loaned from a Bulgarian or a foreign company. (The shipping department is just following the progress and status of the delivery.)

3) Preserving the relationships with the companies loaning from or lending to.

4) Sometimes the physical return of the particular equipment regarding the Bulgarian companies.

Design phase

External Storehouse concept. To manage with the situation a place at a 1, 5 km distance is to be rented. It needs to be fully put in order so that to become a secondary store where equipment, tools and other materials can be sufficiently stored. The initial prerequisites such as licenses and permissions are to be met. What needs to be done is a refurbishment in accordance with the safety regulations of the airport since it is located there. All of the refurbishment procedures need to be set in a timeframe so that no time is lost and there can be traceability. A Kaizen list is introduced in [7], where the specific tasks and items and the responsibility for them are assigned. When ready for exploitation, rules regarding the utilization are to be established. A full control process is to be developed as well. The procedure needs to be as simple as possible in order to minimize to the maximum any type of waste that can occur or has already occurred due to lack of sufficient provisioning. The store is not directly inside the base. Consequently, a decision to store in it only the equipment, which is most rarely used, is communicated and agreed. This eliminates the constant waste for transportation and time in case the distance to it is travelled many times every day. Moreover, basically, exactly this equipment needs storage anyway, because it is the one which stays under the shelter. The equipment that is frequently used does not get outside the hangar because the mechanics are working with it each day.

Kanban. The Kanban ideology is that parts/materials/products are not supplied in case that a need is identified [8]. In this case it is essential to

establish exact criteria on how the equipment is going to be transported to and from the external store. The simplest way is to transport them only in case they are needed. Before explaining this, it is important to note that an assessment of the critical items under the shelter needs to be carried out and a full list to be made with all of the equipment that is to go there. What are the criteria according to which the items are chosen? As mentioned above, with respect to the decision to store what is most rarely used there, is the list made. The GSE frequency of usage and priority to the work are to be identified. A survey is to be carried out within the other departments whether they need to store something as well. Only after these things are done, the equipment assigned, is to be transported to the external store.

Process functioning. Kanban suggests the pull principle [9]. When a request for GSE is received from Production or on GSE engineer personal judgment, the equipment is to be taken in or out of the store. In this way, no unnecessary movements are made as well as the probability for some equipment, already put in the store, to be found under the shelter again, tends to zero.

5S Technique In order maximum efficiency to be achieved it is necessary to preserve everything in order and in perfect condition. The 5S (sorting, straightening, systematic cleaning, standardizing, and sustaining) methodology describes how to organize a work space for efficiency and effectiveness by identifying and storing the items used, maintaining the area and items, and sustaining the new order [10]. According to this methodology is to be arranged the following:

1) Thorough description of the equipment available in the store(after the transportation) to be made including all necessary data such as part numbers, vendors, etc. i.e. an availability file together with a hardcopy of it (in case of system breakdown,) where the entire inventory is described. It is to be constantly updated when movement to and from the store is occurring.

2) Separate areas should be optimally defined on site and on a general location file where the basic areas for storage are to be mapped e.g.: Tools; GSE; Materials; Others (in case in the future some other materials are to be stored there); An electronic diary to be introduced where it can be easily checked:

-Who has requested equipment?

-Date and time of entry and exit of the external store
 -What has been taken or put for storage

3) A periodical make of inventory to be established within 6 months interval in order to check the stored material availability and serviceability. Moreover, although in the external store are to be put many unserviceable parts and materials it is essential to check everything that is to be used again and to recognize it. The safety and serviceability of the equipment are of highest priority. They are used on the aircraft and even the tiniest deviation can lead to serious consequences as for the aircraft, the people on board and the mechanics working on it.

5+3 S. As the safety, security, and satisfaction are usually part of this methodology as 5+3 S, the security system and the anti-fire system are connected to an independent electricity source (accumulator) to assure possible switching to it in case of electricity breakdown or external penetration.

The following process is designed:

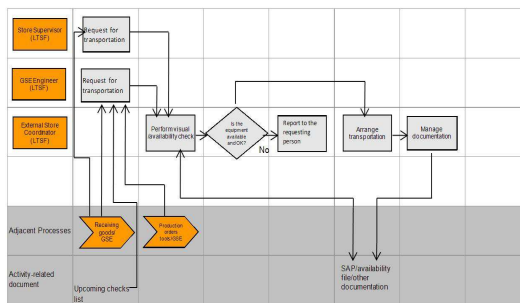


fig.4.4 Process Chart

Tool Maintenance. The internal maintenance procedure will reduce the costs to great extent, eliminate the waste of transportation. Moreover, there is a job position – tool technician, in the company exactly for this, just the process needs clarification and standardization [11]. Consequently, there will be no waiting loss because the tool technician is available full-time. Up to the current moment there has been some maintenance procedures taking place, but neither regulated, nor standardized. As suggested above some tools need to be shipped to authorised maintenance companies to fulfil the regulations required. The process designed here covers the internal maintenance procedure of the company. The process essence is to have a clear and regular procedure for all tools and equipment that can be maintained in-house.

This means that a timeframe needs to be set for the maintenance implementation, the intervals and the thresholds. All these tools and equipment are to be gathered in a file and a separate maintenance procedure for each different part number has to be designed. To ensure full time precision and continuous flow all necessary data are to be input into the SAP program. SAP will then remind for every tool / equipment maintenance when the time set comes. It will also give all the necessary procedures and steps, to implement the maintenance. Finally, when the maintenance is done, it will issue a certificate for performed inspection, which will provide the information regarding the maintenance, in case something is broken or fit, missing, repaired or scrapped.

Broken tools. Simultaneously, it is to be checked how the other facilities have managed with the processes of broken tools. A comparative analysis in % and in case of drastic difference a deeper research for the reasons is to be carried out. Possible reasons could be:

- insufficient theoretic and practical preparation for the tool usage
- man-hours for maintenance and repair not compatible with the real time abilities of the mechanics.

Loaned tools. The goal of the design is to create a continuous flow of information. The process designed assures continuous up to date information flow which turned out to be the most critical aspect of the loaned tool procedure. 2 alternatives are suggested for maximum optimization. Regarding the already existing procedure the following steps are considered as essential for implementation in order to reach a better timing and cut of expenses.

- 1) The loaned tool/s / equipment enter the company.
- 2) The GSE engineers are aware when exactly the equipment is needed, i.e. which day, what time. They need to make sure that it comes exactly on time, so that it is consistent with the *just-in-time* philosophy and respectively, costs no money more than estimated due to delays or early delivery.
- 3) After delivery the equipment is immediately provided to the production, so that they can start to work with it. Thus, the constant flow is maintained.
- 4) The GSE engineers have also to be aware of the approximate time that is needed for the use of the respective equipment (what inspection is to be made, for how long, etc.).

5) After finishing with the equipment the mechanics immediately inform the GSE and the shipping department to return to the local company provider. In this way, any waiting loss is eliminated from the very beginning.

6) The GSE engineer has to know during the whole loan period which phase of the work with the respective equipment is reached. Thus, checking constantly the status of the equipment (how much time more it will be needed, etc.) he will be able to react correspondingly. He will be able to extend or shorten the loan period without additional punishment expenses for the company. On the contrary, having no such information he will not be able to contact in advance the respective company lending the equipment and this will lead to unnecessary money losses. At the same time, this will risk the already established relationships with the companies.

Process name: Loaned Tools / Equipment management

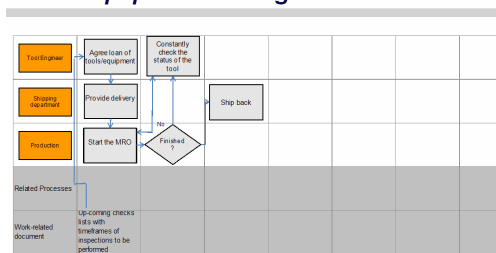


fig.4.4 Process Chart

An alternative to the above could be the following. Referring to the analysis carried out in the Diagnosis phase, it seems more natural to just merge the GSE engineers with the logistics department. Why? Simply because they are already assigned the logistics type of roles from the very beginning. Benefits: No time losses for communication between the shipping department and the tooling engineers. They will be one whole unity and the information flow will be faster, continuous and much easier. The second advantage of this concept is that there will be no vagueness on which responsibilities correspond to whom. It happens very often that the GSE engineer complains that he/she is not logistics to arrange transport and vice versa. According to him, the lo-

gistics have to arrange that. At the same time, he/she is responsible for the order and delivery of the equipment. This is too confusing and there can easily be responsibilities runaway.

KPIs. KPIs to indicate the progress are selected as follows:

- monthly report of broken tools
- monthly report for movements of equipment to and from the external store
- monthly report for loaned tool expenses

5. CONCLUSION

All the above suggested steps are designed regarding the LEAN principles and have the potential to lead to a long-term improvement, cost reduction and waiting time elimination. They can assure the constant work flow and lead to an increase of the production rate. Some of them have already passed the implementation phase, others are still in the design.

References

1. <http://www.leanuk.org>
2. **Womack J. P., T. Jones, D.** Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation, 2004
3. **Ruffa, S. A.** Going Lean: How the Best Companies Apply Lean Manufacturing Principles to Shatter Uncertainty, Drive Innovation, and Maximize Profits, 2008
4. **Sarkar, D.** Lean for Service Organizations and Offices: A Holistic Approach for Achieving Operational Excellence and Improvements, 2007
5. **Flinchbaugh J., Carlino Andy.** The Hitchhiker's guide to Lean: Lessons from the Road, 2006
6. <http://qu5ys.blogspot.com/2011/09/people-do-not-fail-processes-do.html>
7. **Drew J., McCallum B., Roggerhofer S., McKinsey & Company** Objective Lean, 2011
8. **Murman, Earll M.** Lean Enterprise Value: Insights from MIT's Lean Aerospace Initiative, 2009
9. http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/
10. **Liker, J.** The Toyota Way, 2003
11. **Dimitrov, K.** Maintenance policy based on specific time models. VI-th conference "Mechanics and machine Elements", Sofia, 2010, pp.73-80.

SCANNERS – HOW TO ENSURE ACCURATE COLOR RENDERING AND MEASUREMENTS OF PRINTED TEST TARGETS FROM COLOR PRINTERS

Vladimir KAMENOV Valentin IVANOV

Department of Precision engineering and measurement instruments, Technical University - Sofia, Bulgaria

e-mail: vladokamenov@tu-sofia.bg, e-mail: vgi@tu-sofia.bg

Abstract: With evolving and rapidly changing technology of digital cameras, printers, and monitors, one would expect that use of scanners would diminish over the time. Although digital cameras are the most popular devices used to capture photos, scanners are still widely used for converting media such as pictures, artwork, documents, transparencies, slides, and film negatives into an electronic format.

This article discusses calibration, characterization, and profiling of lower-end scanners. Use of ISO scanner calibration targets, handful of software applications, and "how-to's" is described. Comparisons are made for different scanner targets and software applications.

Keywords: Color Printer, Printing, Calibration

1. MEASURING SCANNER DYNAMIC RANGE AND THE D_{max} VALUES

ISO 21550:2004 standard specifies methods for measuring and reporting the dynamic range of scanners. There are three common methods to determine the maximum density D_{max} :

1. The darkest patch which shows a difference in the averaged digital value (RGB) of at least 1 compared to the previous lighter patch -Method 1;

2. The darkest patch which shows a visual difference in comparison to the next lighter one by using a gamma correction - Method 2;

3. The darkest patch showing a signal to noise ratio (S/N) larger than a given value, e.g. 1 - Method 3.

Method 3 is based on S/N ratio is the most objective method for determination of D_{max} values of a scanner. The engineering definition of dynamic range is: D_{max} corresponds to the maximum recordable signal (the raw value at which the sensor saturates, D_{min}) divided by the read noise, which is the lowest recordable signal (D_{max}) [3].

2. D_{max} ESTIMATION FOR MICROTEK 5800 SCANNER

1. Use the *Kodak Q13 Gray Scale step chart*. This gray scale target is calibrated for density increment of 0.1 over 20 steps. Maximum density is 2.0D.

2. Scan the step wedge with color management turned off as 48-bit positive color image.

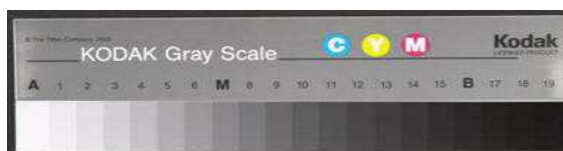


fig.1: Kodak Q13 Gray Scale step chart

Table 2. Danes-picta BST13 (Kodak Q13) data on this step wedge

Part Number	Steps	Density increment	F-stop equiv.	D_{max}	Size
BST13	20	0.1	1/3	2.0	1" x 9 1/5"

3. The figure bellow shows the correct scanner wizard setup. Remember to scan with no embedded profiles and no other corrections than the gamma curve, which has to be set to 1. Now you are describing the scanner's dynamic range, so the gamma needs to be 1, meaning what comes in scanned, has to come out on the monitor unchanged – theoretically:

Estimation of D_{max} – as in method 3 [1]:

1. Open Imatest Software and launch the Step-chart module;
2. Select and open the scanned Kodak Q13 image file (tif);
3. Select the area of step wedges by clicking and dragging, excluding the numbers;

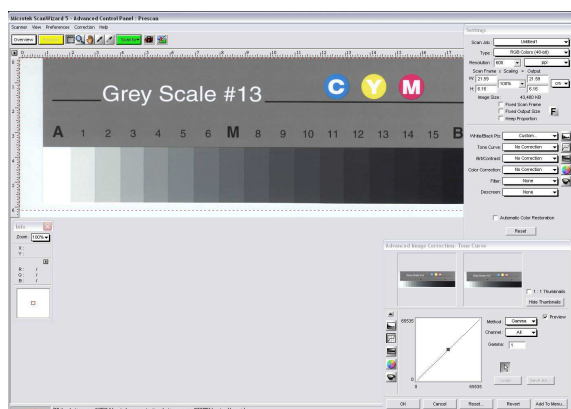


fig.2: Kodak Q13 Scan Target for Dmax Research with gamma 1 and no profile embedded

4. Adjust the selected area by aligning the cyan rectangles with step numbers. Click Zoom in to reveal the numbers. Click Yes, Continue:



fig.3: Kodak Q13 Scan Target for Dmax Research with gamma 1 and no profile embedded

5. Data is calculated and charts generated;
6. Review Noise detail chart and estimate the D_{max} value (1.8D, see Figure 4).

In summary, several methods were described for estimation of scanner D_{max} value - all based on measurements of Kodak Q13 step wedge. Both simple and more elaborated methods provided $D_{max} = 1.8D$ for the Microtek 5800 scanner. The conclusion is that this scanner is almost equal to the average monitor D_{max} , but for more critical work some detail in shadows may be lost. One more thing to mention is that the estimated D_{max} of 1.8 is significantly lower than the stated in the product brochure, but this may be due to the age of the scanner – 4 years.

3. SCANNER CALIBRATION, CHARACTERIZATION, AND PROFILING

Terms such as scanner calibration, characterization, and profiling are sometimes used interchangeably with profiling being the most common meaning in the context of scanners and color management. To be consistent with conventional digital photography terminology, scanner calibration as described here

may differ from descriptions found in "scanner" literature.

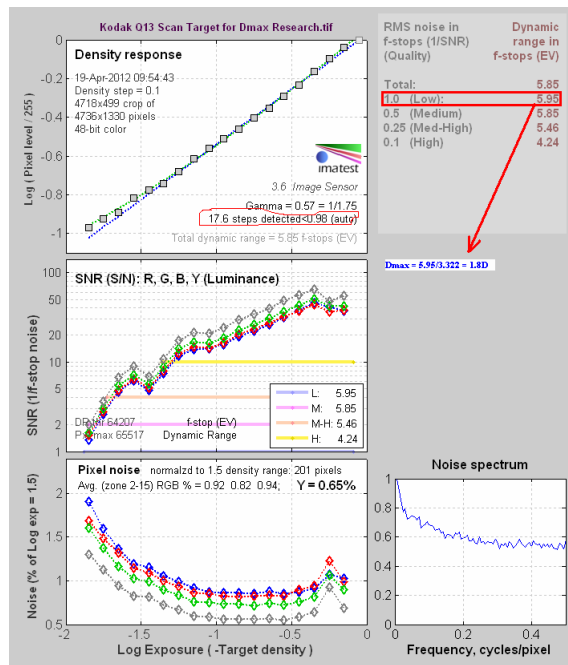


fig.4: Noise detail chart and estimate the D_{max} value

Calibration - by analogy to display devices, should result in a device being in normalized, standard, and predictable state. However, in contrast to displays, scanners are always driven by software through the manufacturer specific software drivers. Thus it may be sometimes difficult to set scanner to a desired and defined state. Sufficiently calibrated state is often achieved by turning off (in software or driver) any features that adjust black and white points, compensate for color cast, white balance, or somehow automatically adjust the image appearance. Sharpening feature should be also turned off to ensure reproducible results.

Scanner characterization - is a process of finding a mapping function between scanner RGB values and device independent color space such as CIELAB. The transform is typically built by using mathematical techniques.

The profile, software is used to describe the device's full color range capabilities. The gamut of the device is determined by measuring the RGB values for a set of known color patches. Measured data is then used to generate input profile for the device.

Profiles are then applied to an image in order to calculate RGB values for a defined color space. Typical scanner profiling process involves scanning a reference target that has numerous color patches. IT8 and HTC are examples of such reference standards. Software is used to compare the color reference values that accompany the target with the measured values. Profiling and characterization do not change the behavior of the scanner (same as for monitors).

Scanner profiling - It is of the utmost importance to have a control over all the device variables that can affect its color performance. With scanners, while light source and internal optics are controlled quite well, it is the software that is the major source of performance inconsistency. In technical terms, scanner profiling aims to ensure that raw RGB values captured by the scanner are consistently translated into standard color space such as CIELAB or CIEXYZ. Rules for such translation come from "calibrating" the raw input data to experimental data recorded in scanner target (e.g. IT8). In other words, the RGB signals acquired from a scanner (raw RGB) are related to a spectral or colorimetric representation (read patches in scanning target) through the process of scanner profiling. Typical approaches create a scanner profile by scanning a target containing a set of color patches. The target is simultaneously measured with a color measurement device to obtain spectral or colorimetric measurements in CIELAB color system. We will start with Profile Maker 5.0 module to get a profile created. In order to create the scanner profile we will use the X-rite Eye-One Scan target 1.4 [4]:

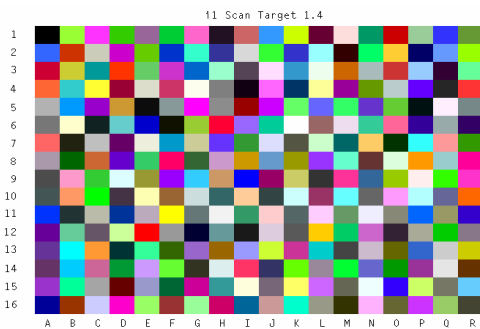


fig.5: X-rite Eye-One Scan target 1.4

The target is printed on special glossy photo paper in lab conditions and comes with reference files, de-

scribing the color coordinate of each patch in RGB system.

Next we scan the target on the profiled scanner. It is important to set the settings in the setup window correctly, i.e. no gamma, brightness and color corrections etc:

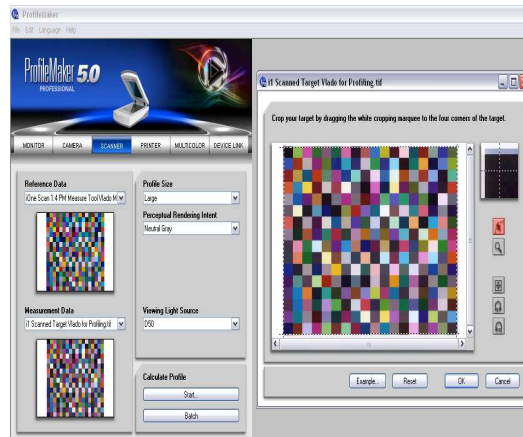


fig. 6 Scheme about gamma, brightness and color corrections

Now the scanner is successfully profiled!

4. RESULTS OF SCANNER PROFILING AND PROFILE EVALUATION. OBJECTIVE TESTS - OBTAINING CIEDE2000 COLOR DIFFERENCES:

First examples include data generated from a simple comparison of Lab values predicted by the profile (A) and LAB values reported in the profiling target reference files (B). We will use the scanner target (Eye-One Scan Target 1.4) to profile scanner and then use the scanned values of the very same target (for which LAB values are known) to validate the profile. To get data (A), scan the physical reference target and save resulting scan as *tiff* file. Reference file (B) is usually provided by the target manufacturer. It is the text file which can often be downloaded from the web or just measured by spectrophotometer (e.g., Eye One-Pro). There are several tools to perform such comparison.

4.1. Profile Maker 5.0 Software Results [6]:

Now, having both the generated LAB file of the scanned target embedded with the created scanner profile and the reference target file, measured in LAB

with Eye-One Pro available, open the Profile Maker 5 Measure Tool and launch the Calculating module. Open both files in the appropriate windows and inspect the color differences:

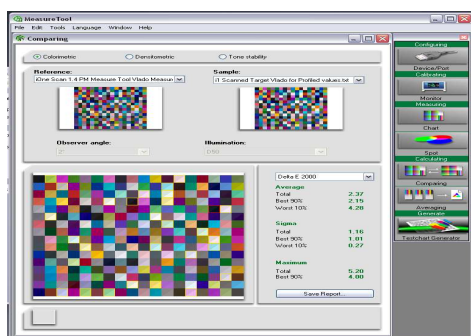


fig.7: Profile Maker 5

Take notice at the obtained Delta E 2000 color difference values. Delta E = 5 is normally considered acceptable for most applications. In our case the average is 2.37, which suggests the profile color prediction is quite accurate.

4.2. Patch Tool - Babel Color Software Results [5]:

Another tool fully capable of providing comparison of predicted and reference state for scanner targets is the Patch Tool application and its integrated module – Gamut Tools. The goal here is the same as in the above comparison – to compare the color coordinates of the scanned target, derived in LAB space using the created scanner profile, and the LAB values of the original scan target, measured with spectrophotometer Eye-One Pro. In other words we compare the actual LAB values of the original scan target with the LAB values, predicted by the scanner profile we created, followed by a comparison of the profile accuracy in Delta E 2000 units:

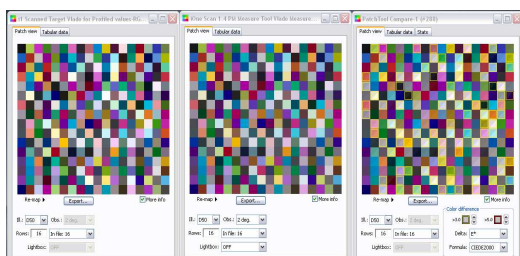


fig.8 Comparison of the profile accuracy in Delta E 2000 units

The patch displays on the figure are in the following order from left to right: 1.patch coordinates of the scanned target with embedded scanner profile, expressed in LAB values; 2. measured reference values in LAB coordinates of the original scanner target; 3. Graphical comparison between the two, using the Delta E 2000 criteria.

After some arrangement the following figures present the results in:

1. Graphical form, where the greatest delta E difference patches are situated to the left-most side;
2. Tabular data of all patches and the corresponding color difference, starting with red for delta E >5 and yellow for delta E >3;
3. Statistical representation of the data, where it is clearly seen that the majority of color errors are in the 0 to 2.5 delta E interval, which is very acceptable:

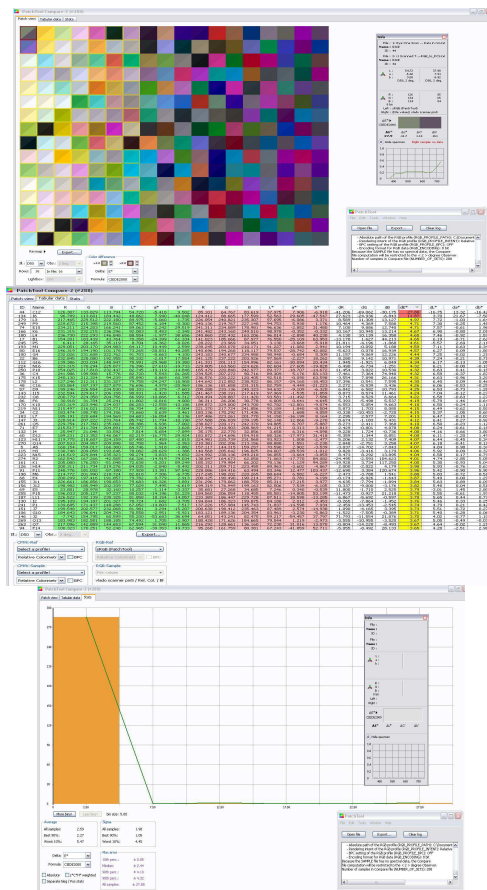


fig.8: Comparison of the profile accuracy in Delta E 2000 units

4.3. ColorThink Pro – CHROMiX Software Results:

ColorThink Pro software provides basic as well as detailed reports and visualization. As in the previous examples a file containing raw RGB values, scanner profile, and reference LAB values are needed. To obtain the desired delta E2000 color differences between the scan target and the scanned image of the same target, you need to specify the color management profile of the scanner. After all it is the performance of the profile, we created, that we are evaluating. To do so, open in Color Think Pro the file containing the Color values in LAB extracted from the scanned image of the scan target. Tell the software to assign these values to the scanner profile you just created. Next open the Eye One Scan Target 1.4. Reference txt file containing LAB description of the target without any color profile embedded. Now we are ready to evaluate the color difference between patches of the reference scan target and the real patch colors, as predicted by the scanner profile, we are evaluating. Fig.9 shows the preliminary results and setups described.

Here is the 3D representation of the Delta E 2000 color differences between the reference values and the scanned patches assigned with the scanner profile, being evaluated.

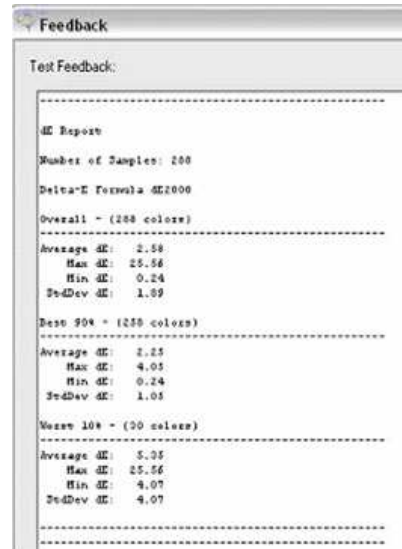


fig.9: Preliminary results and setups

The color notation follows the list of color differences above: red is Delta E>5, yellow is >3 and green is >0.5. The vectors denote the direction of color difference change from scanned values to the reference values. One should also take into account the rendering intent, which deals with out of gamut colors. In our case we use relative colorimetric intent:

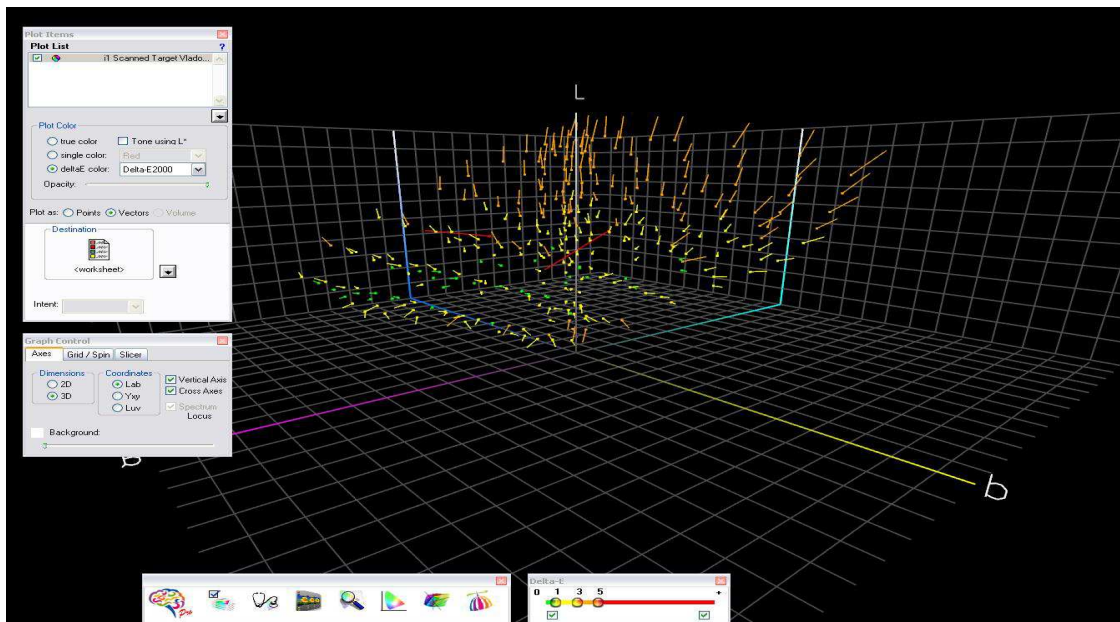


fig.10 3D representation of the Delta E 2000 color differences between the reference values and the scanned patches

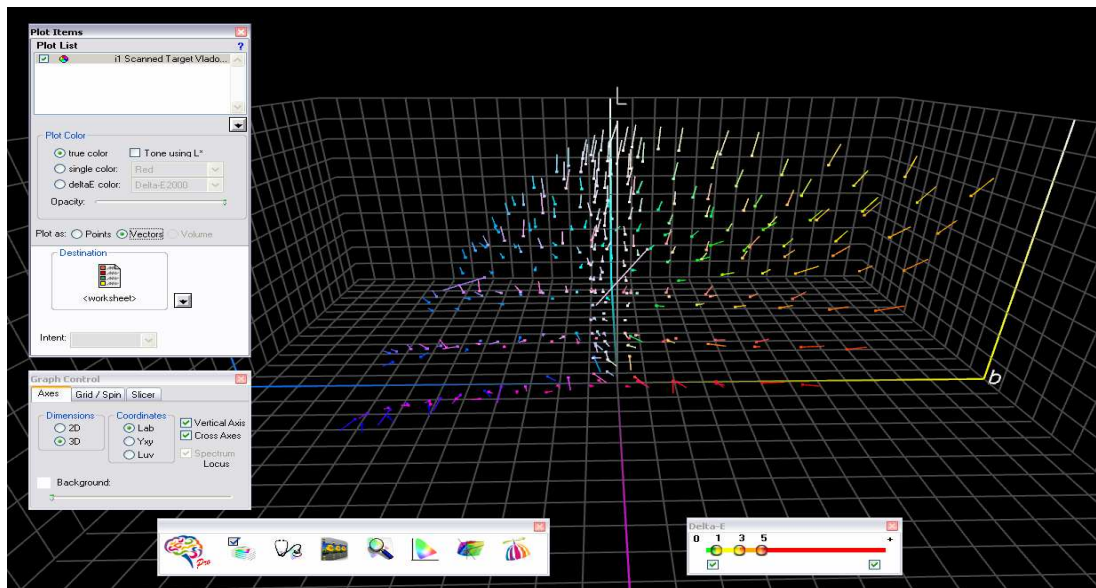


fig.11: Graphically the actual colors, their position in LAB space and the Delta E 2000 color difference vectors of change

5. SUMMARY (OBJECTIVE ANALYSIS)

1. When same target is used for profiling and evaluation, the lowest (best) DE2000 and DE2000(max) values are obtained. For example, profiling scanner using Eye One Scan Target 1.4 target leads to a profile which when assigned to the scanned image of the very same Eye One Scan Target 1.4 gives excellent results in terms of LAB color differences (CIEDE2000).

2. On the other hand, profiles created from one type of a target show higher DE2000 values when assigned to images of other targets. For example, profiling scanner using IT8.7/2 target leads to a profile which when assigned to a scanned image of Eye-One Scan Target 1.4 (ST1.4) results in about four times as high DE2000 and DE00 max as if the same target would be used.

3. In general, profiles created from any targets used above provide significantly higher DE2000 (D2000max) values when assigned to Gretag Macbeth ColorChecker. This suggests that texture of the reflective substrates and colorants play a significant role when scanning different media.

4. The highest obtained Delta E 2000 difference of over 21 units is probably due to measurement error of the reference target, however the observed color differences in the light pastel tones (almost all of

them) is not a coincidence and may be caused by the limited color gamut of the scanner in the light tones, or it could simply be due to dirt in the optical system of the scanner.

Credits

In accordance to the authors' science project of evaluating the quality of office color printers, sponsored by the Bulgarian Science Research Fund, the following article will investigate a part of the "jungle" of color management and its implementation in color quality evaluation of scanners.

References

1. <http://www.imatest.com/>
2. <http://www.datacolor.com/>
3. <http://www.normankoren.com/>
4. <http://www.marcelpatek.com/>
5. <http://www.babelcolor.com/>
6. <http://www.xrite.com>
7. **N. Ahmed and K. R. Rao**, Orthogonal Transforms for Digital Signal Processing, Springer-Verlag, New York, 1975.
8. **R. Balasubramanian**, A printer model for dot-on-dot halftone screens, in J. Bares, Ed., Proc. SPIE: Color Hard Copy and Graphic Arts IV, 2413, 356-364, 1995.
9. **G. J. Braun, M. D. Fairchild, and F. Ebner**, Color gamut mapping in a hue - linearized CIELAB color space, in Proc. IS&T/SID Sixth Color Imaging Conference: Color Science, Systems and Applications, Scottsdale, AZ, November 1998, 163-168.

CONTEMPORARY WEB TECHNOLOGIES, FREEDOM AND OPEN INNOVATION

Boris TUDJAROV

Fundamentals and Technical Means of Design Department, Technical University of Sofia, Republic of Bulgaria

e-mail: bntv@tu-sofia.bg

Abstract: The implementation of the contemporary Web technologies in the Open Innovation (OI) and the necessary support (assurance of freedom) for the creative actions of the Open Innovator/s (OIr/s) are discussed. Knowing that the innovation is based on challenging existing assumptions and ways of thinking, here attention is given on keeping informed OIr/s about the possibilities to undertake creative actions, provoking them to do that and supply them with a suitable environment.

Growth and advantages of the Internet are analysed. Main contemporary technologies are pointed and related to the OI creative activities. Examples are given and explained.

Key Words: Open Innovation, Web Technologies, Internet, XML, X3D, Genetical Algorithm, Bacterial Evolutionary Algorithm

1. INTRODUCTION

Henry Chesbrough [1] gives the following definition of the term “Open Innovation” (OI): “Open Innovation is a paradigm that assumes that firms can and should use external ideas as well as internal ideas, and internal and external paths to market, as the firms look to advance their technology. Open Innovation combines internal and external ideas into architectures and systems whose requirements are defined by a business model”.

Involvement of the Open Innovator/s (OIr/s) in the OI process by Web based integrated environments (applications/systems) represents a perspective solution for increasing of the efficiency of the firms in today’s competitive global economy. The paper is privy to this perspective solution. Some important functional supports for OIr/s are described and discussed from the viewpoint of OI process. Contemporary Web technologies are pointed and examples of their usage are given.

2. ADVANCED CREATIVE ACTIVITIES IN A GLOBAL ENVIRONMENT

Man's evolution passed different stages: from Neanderthal to Homo erectus and then to Homo sapiens. During his long way the man invented many new things. His continuous quest for more and more amenities and facilities continues today.

OI has its value in human society, so the means for communication are very important. Today, Internet has become the most powerful communication tool for the people throughout the world. During OI process OIr/s have to work in collaborative environment, because of the needs to share experience and information and to receive opinions and evaluations.

From the viewpoint of cooperative work, we can distinguish people as individuals or groups, we can distinguish machines as information machines or working machines, and we can distinguish information machines as recording medium or processing machines. This collaboration is itself ordered in time and space. Although the historical trends in cooperation between people and machines may be divided by type of information machine, represented by computers and working machines with power, the following five phases may be applied to both [2] (Table 1).

The Internet ages began with this premise, providing a basis for performing more advanced creative activities in a global environment.

One of the best presentations of the evolution of the Web is given in [8]. Fig.1. is made by data got from there and represents the growth of the Internet by three charts: a) Global Internet Traffic (Petabytes per Month), b) Global Internet Users (Billions) and c) Traffic/Users (Monthly MB per User).

As it is described in [7] “Internet has been perhaps the most outstanding innovation in the field of

communication in the history of mankind” and following advantages are pointed:

- faster communication (speedy communication);
- information resources (the Internet is a virtual treasure trove of information);
- entertainment (the Internet has become quite successful in trapping the multifaceted entertainment industry);
- social networking (the social networking has become so popular, that no one cannot imagine the online life without Facebook or Twitter);
- online services (by its online services the Internet has made life convenient: humans can book tickets, pay taxes, arrange travels and etc.);
- e-commerce (any type of commercial maneuvering or business deals can involve transfer of information across the globe via the Internet).

table 1 Communication phases

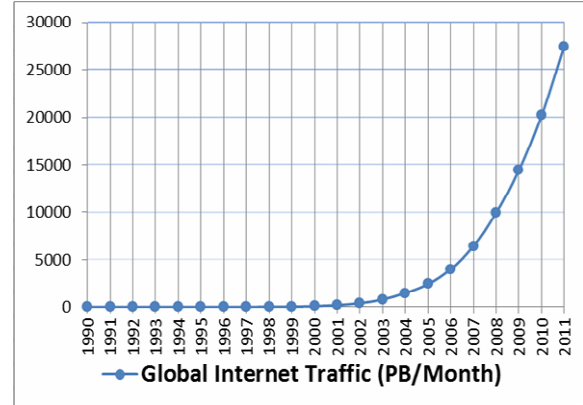
Pha-ses	Character-istic	Form of communication
1	Direct	Man---Man
2	Paper	Man---Paper---Man
3	Working machine	Man---Working machine
4	Computer	Man---Computer---Working machine
5	Network	Computer Man----- -----Man Computer---Working machine

It can be easily seen from the data above that Internet plays very big role in our life (in average every one Internet user has more than 12 GB monthly transfer of information for the 2011 year) and that Internet is not rationally used for the needs of OI (mainly users search and refer to many electronic documents, which include text, figures, tables and etc., without to use the knowledge that Internet can provide for direct modeling, simulation, verifications and etc.). So, the adoption of new techniques and methods for modeling and representing the informa-

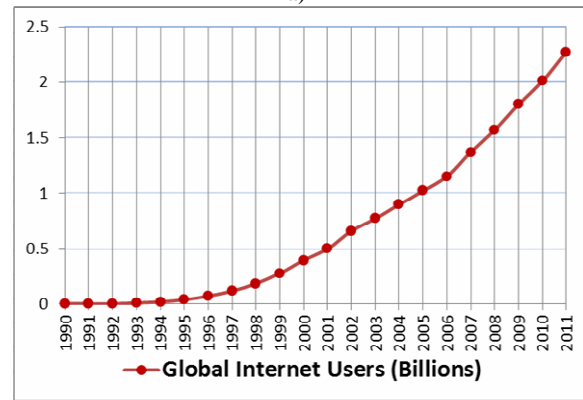
tion on Internet is a very important issue for the creation OI means and environments.

3. FREEDOM AND OPEN INNOVATION

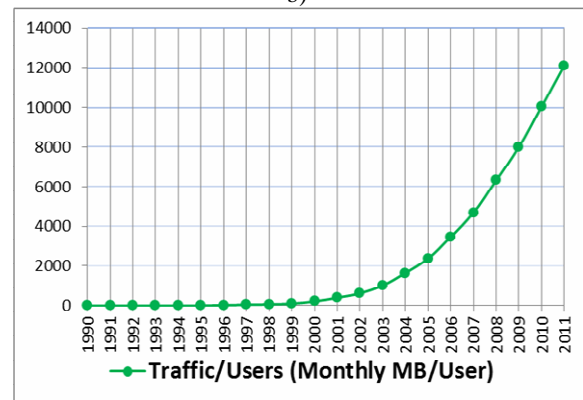
Which kind of freedoms are important for OI and what is the meaning of the word “freedom” in our case?



a)



b)



c)

fig. 1. Growth of the Internet

The author believes that OI actions can rationally be undertaken only when OIr/s has:

- freedom to receive information (marked in the work as freedom A) - the freedom to get recent (and of course historical) information about and related to the object of OI;
- freedom to make proposals (freedom B) - the freedom to propose something new or something different (OIr/s have to be encouraged and interested in making proposals);
- freedom to make predictions (freedom C) – OIr/s have to know (predict) what is awaiting them (the result) after crossing the border the between routine and the innovative area;
- freedom to share information and receive opinions, evaluations and acceptances or disagreements (freedom D).

By this classification of the freedoms there can be distinguished two types of OI: rationally (by using all A, B, C and D) and randomly induced (by using mainly C).

Today, the defined above freedoms are partially supported by the Web technologies and depending on this support they can be ranked as follow: 1-A, 2-D, 3-B and 4-C.

For assurance of A and D there are created many means.

Via the Internet, you can have an access to latest researches in the field of medicine, technology and etc. Any kind of information on any topic is available on the Internet. Currently the information is probably the biggest advantage offered by the Internet. The search engines of Google, Yahoo and other are at OIr/s service for finding information about every subject, known to the human being, ranging from laws, market information, conferences, technical information and so on. The list is simply endless.

One of the foremost targets of Internet is speedy communication. By using the Internet the OIr/s can communicate with OIr/s from the other part of the world in a fraction of second. Different types of services can be used: chat, video conferencing, messenger services and so on. With the help of them, it has become very easy to establish a friendship where you can share your thoughts and explore other ideas and experience. As a future development, here have to be expected the development of suitable modules (Web based applications) for evaluation and voting, and their addition to the means of communication.

Here is the place to underline that research interests of the author are mainly directed to the less developed in the moment freedoms marked as B and C.

Where are the reasons?

How to develop B and C?

As it has been said above at present humans do not use Internet rationally. Mainly they search and refer to many electronic documents, which include text, figures, tables and etc., without to use the deep knowledge that they can provide for direct modeling. The exchange of the information about the engineering products (assemblies and parts) is not performed on a suitable way, because the research about the data for description and exchange information is still in the investigation stage. The engineering knowledge is very important for the process of OI, because it can answer on many questions related to freedoms B and C.

Here are pointed out the following three main kinds of contemporary Internet usage for exchange of information and performance of concrete engineering tasks:

- the engineers exchange through the Internet files of conventional CAD (Computer Added Design) and office systems (for example: AutoCAD, Solid-Works, MS Office and etc.);
- to overcome the restriction to have the same system on both sides, the engineers exchange general product description model files - for example: STEP and IGES (the author has not informaton about available and approved full assembly description based on Web technologies – for example by eXtensible Markup Language XML[10]);
- the engineers can use the partial work solutions installed on the Internet - for example: Genetical Algorithm (GA) calculator or Bacterial Algorithm (BA) tool [3, 5, 6].

The biggest problem here is which kind of modeling technology to use or how to develop a new one for to make easier the relations between model, calculations, visualization and simulations in Web environment.

It is clear that for solving the described above problem there is needed a global approach based on contemporary Web technologies.

4. CONTEMPORARY WEB TECHNOLOGIES

The widespread XML (Extensible Markup Language) is a promising mean for providing the necessary structure of the Web based OI environment. XML is readily interpretable by both humans and machines, and permits multilingual documents and programming languages, and facilitates multimedia representation. XML allows creation of new standards and at the moment there are more than 220 XML based languages known to the author. Such languages, related to the Web based assurance of the important relation: “calculations – model, visualization and simulation” are:

- COLLADA - a standard for exchanging digital assets among various graphics software applications;
- eXtensible 3D (X3D) [9] - X3D is the ISO standard file format for representing 3D computer graphics, the successor to the Virtual Reality Modeling Language (VRML);
- MathML- a language describing mathematical notations.

For to imagine the possibilities, given by the contemporary Web technologies, below are presented and discussed some experimental applications, created by the use of XML technologies, PHP and JavaScript languages.

4.1 Web based configurator of products

X3D real time communications include real time work with 3D models - possible changes of surfaces, dimensions and dispositions (a web based configurator of drive sets is shown on fig.2 [4]). Web based configurators are a typical OI tool allowing the product to be designed by the customer.

4.2 Web GA calculator and vehicle crash accidents

As an example also is given the realized XML GA calculator, published in [3, 6]. As it is underlined there the first GA calculator is realized by the usage of only Microsoft XML technologies and it works only under Internet Explorer Browser. Here is presented a new one calculator with extended functionality – this GA modeler and calculator has improved interface and can be used not only under Internet Explorer – its functionality has been tested also under Mozilla Firefox and Google Chrome (unfortunately even today there are also many differences in

browsers work with XML, independently of its importance and wide usage).

GA is used when pursuing a specific result (objective), when the solution requires a relatively large time resource or in cases where the solution is not known. GA starts with a set of solutions called “initial population”. According to their viability are chosen solutions to form the next population (offspring). To more appropriate decisions are given better chances for reproduction. New population is expected to be better than the old one. This is repeated until some condition (for example: a number of generations or a sufficiently good solution) is satisfied.

Cloud computing (programming) approach was used. Cloud computing has been the most hyped terms in recent times is a prolific technology that is flourishing our days. It allows: consumers and businesses to use applications without installing anything; possibilities for access to their personal files just with connection to Internet; it allows much more efficient computing and processing, about which the end users have to be least bothered.

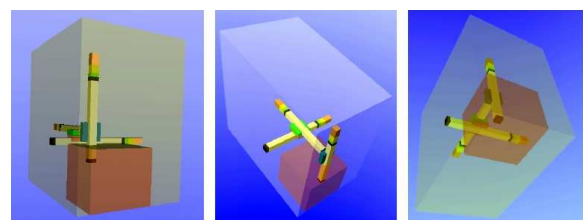
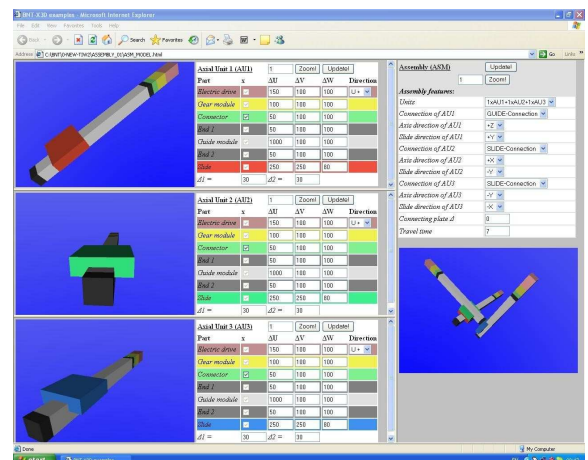


fig. 2 X3D-Web based configurator

A cloud application named “Web based GA calculator” is developed by using of XML, JavaScript and PHP languages.

The tool can have many purposes and very wide usage. For example it can be used for calculations corresponding to real needs or to be used as E-learning tool by using many already prepared and calculated examples, which can support students by knowledge about the roles of the parameters of GA calculations, the models of chromosomes and fitness functions.

Following outcomes of the work on GA calculator can be outlined:

- it is developed experimental cloud application for very wide field of cases, which assures remote creation of models of GA and receiving results;
- by using this application user can create and edit the initial information about his concrete task

very easy and can receive the calculation results as a web page and/or as a MS Excel file;

- modeling of genetic algorithms is done by XML description and an XML “transport” file (which transports the user information to the server) is used;
- results of calculations are represented by X3D modeling.

The experiment, shown on fig.3 and 4, is made by the developed Web based GA calculator and X3D technology. For the experiment case crash accident is used. It has been necessary to write a special fitness function by using the analytic geometry. The experiment assists the activities in the field of vehicle crash accidents investigation with different levels of ambiguities and can be used as a tool for final expert conclusions and checks.

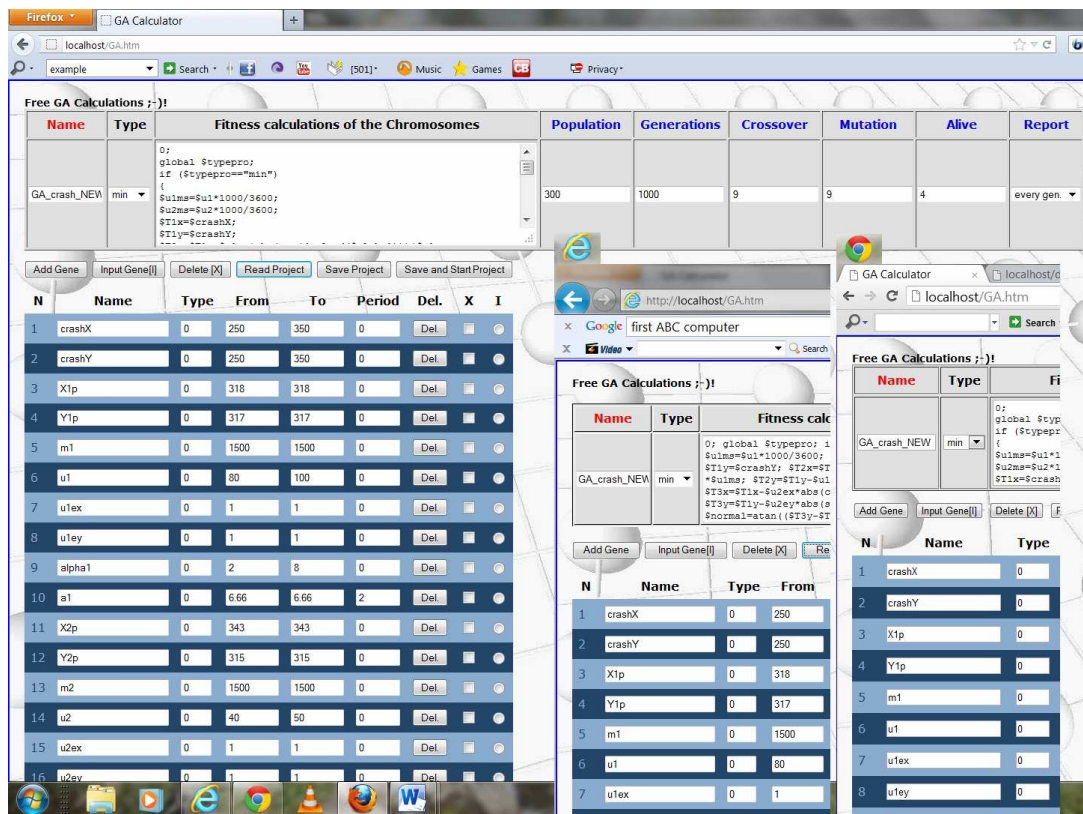


fig.3 Web based GA calculator – vehicle crash analysis usage (different browsers)

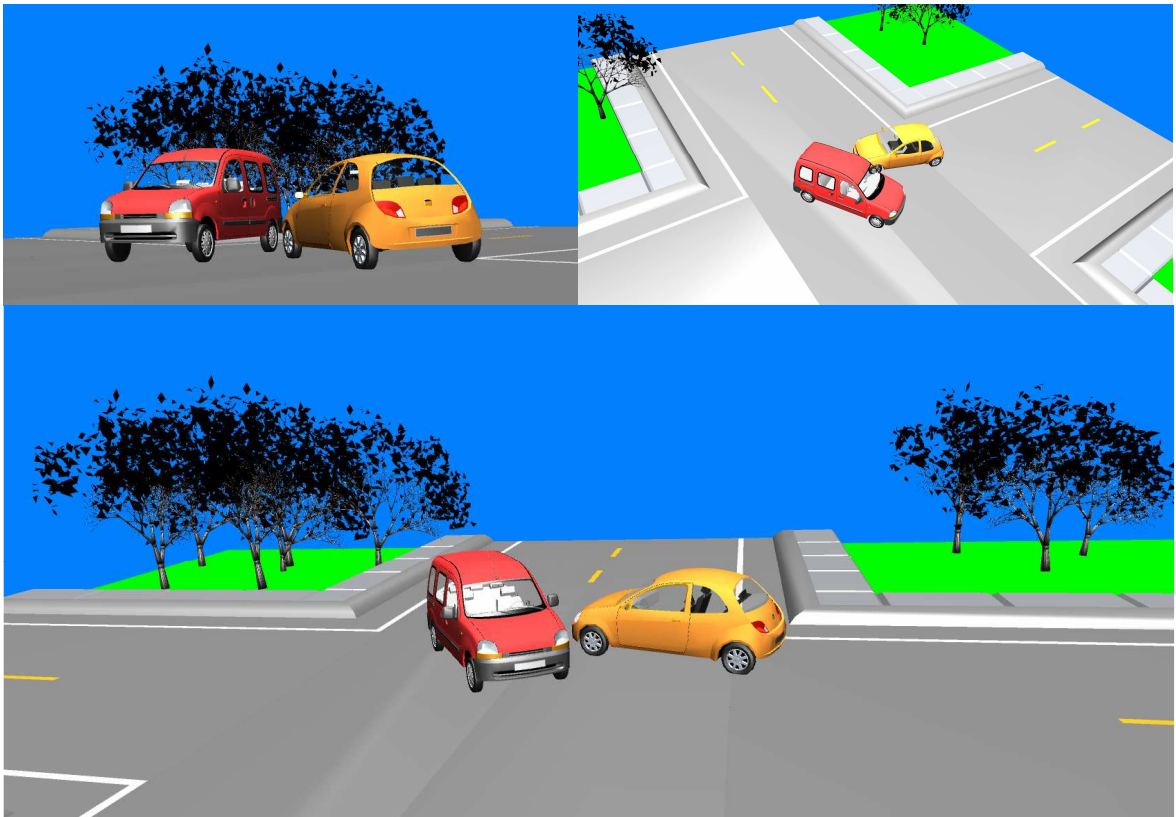


fig.4 X3D visualization (different view points)

Name	Type	Fitness calculations of the Chromosomes	Bacteria (N _{ind})	Generations (N _{gen})
Jbma	min	0: global \$typepro; if (\$typepro=="min") { //Initial Conditions \$Ygoal=10000; \$Yinit=10; \$L1=100; \$L2=100; \$L3=100; \$Xdist=50; \$Zdist=20; //Constraints \$Zhigh=10; //Calculation of X, Y and Z coordinates of points 1,2,3,4 \$P1z=0; \$P3z=\$P4z+\$L3*sin((\$THETA2+\$THETA3)*pi()/180); \$P2z=\$P3z+\$L2*sin(\$THETA2*pi()/180); \$P1z=\$P2z; //if robot has enough distance from the ground if ((\$P1z-\$Zdist-	10	1000

Clones (N _{cl})	Infections (N _{inf})	Length bact. mut. (l _{bm})	Length gene transf. (l _{gt})	Report
5	3	2	1	every gen.

N	Name	Type	From	To	Period	Del.	X	I
1	THETA1	0	0	70	0	Del.		
2	THETA2	0	0	70	0	Del.		
3	THETA3	0	0	70	0	Del.		

```

<?xml version="1.0" ?>
<transport>
<initial> - Parameters of BMA
<name>...</name>
<type>min</type>
<fitness>...</fitness>
<bacterias>...</bacterias>
<generations>...</generations>
<clones>...</clones>
<infections>...</infections>
<lbt>...</lbt>
<lgt>...</lgt>
<report>everygen</report>
</initial>
<units>- Bacteria's genes description
<unit>
<check>...</check>
<name>...</name>
<type>...</type>
<from>...</from>
<to>...</to>
<step>...</step>
<fitval>...</fitval>
</unit>
<unit>
...
</unit>
...
</units>
</transport>
    
```

fig.5 Web based optimization by BA (working screen, XML model)

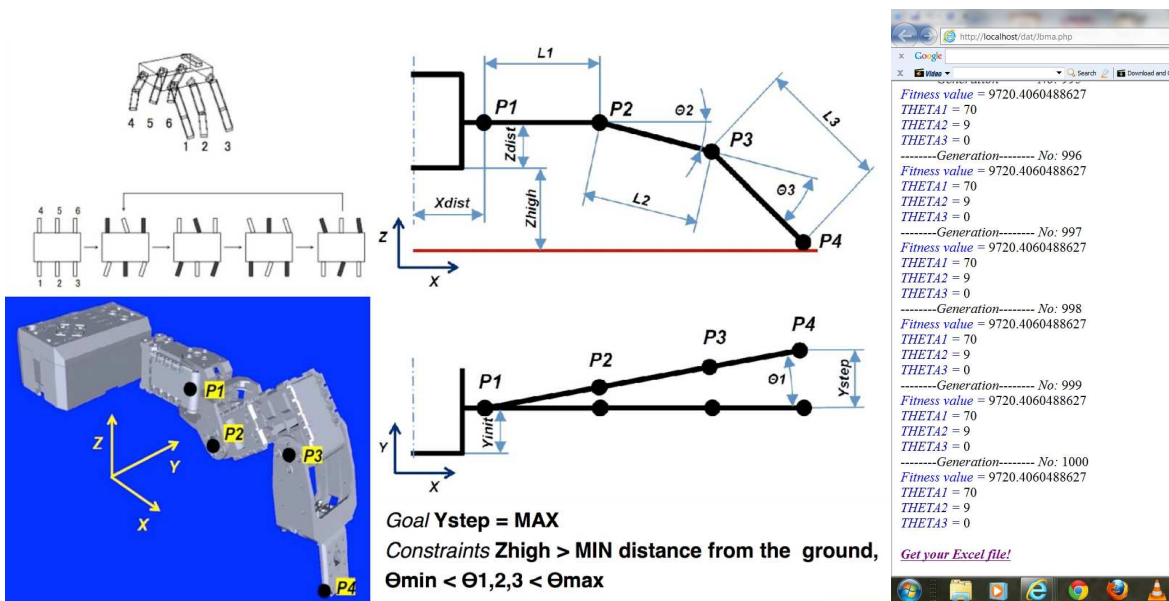


fig.6 Six legged robot – optimization task and results

The tool can have many purposes and very wide usage. For example it can be used for calculations corresponding to the real needs or to be used as E-learning tool by using many already prepared and calculated examples, which can support students by knowledge about the roles of the parameters of GA calculations, the models of chromosomes and etc.

Following outcomes of the work on GA calculator can be outlined:

- it is developed experimental cloud application for very wide field of cases, which assures remote creation of models of GA and receiving results;
- by using this application user can create and edit the initial information about his concrete task very easy and can receive the calculation results as a web page and/or as a MS Excel file;
- modeling of genetic algorithms is done by XML description and an XML “transport” file (which transports the user information to the server) is used;
- results of calculations are represented by X3D model.

The experiment, shown on fig.3 and 4, is made by the developed Web based GA calculator. For the experiment case crash accident is used. The experiment assists the activities in the field of vehicle crash accidents investigation with different levels of am-

biguities and can be used as a tool for final expert conclusions and checks.

4.2 Optimization by Web BA application

BA Web tool similar to GA calculator is developed [5]. Below are discussed BA operators.

First operator here is Bacterial Mutation. It creates N_{clones} number of clones (copies) of an individual, which are then subjected to random changes in their genes. The number of genes that are modified with this mutation is a parameter of the algorithm. This mutation step is performed on all clones of the individual except one, which is kept the same as the original. After mutating the same segment in the clones, each clone is evaluated. The clone with the best evaluation result transfers the mutated segment to the other clones. These three steps operations (mutation of the clones, selection of the best clone, transfer of the mutated segment) are repeated until each segment of the chromosome has been mutated once. This process repeats for each member of the population.

Next operator in a generation is the horizontal Gene Transfer. It means copying genes from one individual to another one. First, the population must be sorted and divided into two halves according to their evaluation results. The bacteria with better evalua-

tions are called superior half, the bacteria with worse evaluations are referred to as inferior half. Then, one bacterium is randomly chosen from the superior half and another from the inferior half. These two bacteria are called the source bacterium, and the destination bacterium, respectively. A segment with a given length which is a parameter of the algorithm is randomly chosen from the source bacterium and this segment is used to overwrite a segment of the destination bacterium. The steps above (sorting the population, selection of the source and destination bacteria, transfer the segment) are repeated N_{inf} times, where N_{inf} is the number of “infections” per generation.

Fig.5 and 6 present optimization task about the robot’s leg movement solved with the developed BA Web tool [5].

5. CONCLUSION

We can point out the following important moments from the represented here research:

- growth and advantages of the Internet from the view point of OI are described and analysed;
- four main types of OIr/s’ freedoms are defined and the implementation of the contemporary Web technologies, depending on them, is discussed;
- XML and X3D technologies are briefly described and their implementation is explained;
- GA calculator – flexible Web application with wide usage is updated and implemented for the needs of vehicle crash accidents investigations;
- BA Web tool and its usage for solving of optimization tasks is discussed;

- examples about the the pointed main problem, the overcoming of the gap between Web based mathematical calculations and modeling, visualization and simulation, are given.

References

1. **Chesbrough H.** Open Innovation: The New Imperative for Creating And Profiting from Technology, Harvard Business School Press, Boston, 2003.
2. **Igoshi M.** Collaborative Environment for Creative Activity Between Men and Machines, Memoirs of Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University No. 53, 2003, Tokyo, Japan, pp.1-12.
3. **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.
4. **Tudjarov B., Bachvarov A., Boyadjiev I.** Web-based VR for Pre-Sales Service Customization, Proceedings of the 3rd Joint Conference PETO’08 and IMCM’08: Mass Customization of Services, Copenhagen, Denmark, 2008,
5. **Tudjarov B., Botzheim J., Kubota N.** Facilitation of Cognitive Robotics by Web based Computational Intelligent Models, 23rd 2012 International Symposium on Micro-Nano Mechatronics and Human Science, November 3-7, 2012, Nagoya, Japan, pp.144-148.
6. **Tudjarov B., Kubota N., Penchev V., Hristov V.** Web based Modeling and Calculation of Genetic Algorithms, IWACIII2011, <http://www.kti-machine.com/iwaciii2011/>, November 19 - 23, 2011, Suzhou, China.
7. Advantages and disadvantages of Internet, <http://www.buzzle.com/articles/advantages-disadvantages-internet.html>, accessed 2012.
8. Web Evolution, <http://www.evolutionoftheweb.com>, accessed 2012.
9. X3D, <http://www.web3d.org/x3d/>, accessed 2012.
10. XML, <http://www.w3.org/XML>, accessed 2012.

ICC PRINTER PROFILES RESEARCH WITH COLOR THINK PRO SOFTWARE AS A METHOD FOR COLOR MANAGEMENT EDUCATION

Vladimir KAMENOV Valentin IVANOV

Department of Precision engineering and measurement instruments, Technical University - Sofia, Bulgaria

e-mail: vladokamenov@tu-sofia.bg, e-mail: vgi@tu-sofia.bg

Abstract: In accordance to the authors' science project of evaluating the quality of office color printers, sponsored by the Bulgarian Science Research Fund, the following article will investigate a part of the "jungle" of color management and its implementation in color quality evaluation, namely – ICC printer profiles. How do you know if your ICC profile is valid? If the profile is for a printer, you can output a number of representative images and examine the prints under controlled lighting. Various problems, including poor output quality or print-to-screen mismatching, are not uncommon, and it can be difficult to root out the problem within the color management chain. Was the device behaving properly prior to generating the profile (are all ink heads firing)? Is a series of gray patches really gray or do they only appear to be under this lighting? Is the gamut of the device sufficient to reproduce the colors in your images? Such questions are best answered with the analytical and statistical data obtained from a profile. Looking at the problem as numbers can point you toward areas to further examine then fix.

Keywords: Color, Color management, color management education

1. INTRODUCTION

How do you know if your ICC profile is valid? If the profile is for a printer, you can output a number of representative images and examine the prints under controlled lighting.

Various problems, including poor output quality or print-to-screen mismatching, are not uncommon, and it can be difficult to root out the problem within the color management chain.

Was the device behaving properly prior to generating the profile (are all ink heads firing)? Is a series of gray patches really gray or do they only appear to be under this lighting? Is the gamut of the device sufficient to reproduce the colors in your images? Such questions are best answered with the analytical and statistical data obtained from a profile. Looking at the problem as numbers can point you toward areas to further examine then fix.

2. COLORTHINK PRO SOFTWARE

One utility for gathering a wealth of information about ICC profiles is ColorThink Pro from Chromix Company. It would take many pages to give an overview of all the features and capabilities of ColorThink Pro, so we'll just hit the highlights. ColorThink Pro is a new, improved and more powerful version of the original Color-Think. Its new

power comes in a surprisingly easy-to-use mode called ColorSmarts Guide. Simply select the function, such as evaluating the quality of a profile or device, and select the tests in the box at the left. A step-by-step wizard will ask you to select a profile or other necessary information, and the ColorSmarts Guide will do all the work. You really don't need to know anything else about the program's internal workings.

3. COLOR MANAGEMENT PRINTER PROFILES TESTS

Here we present a few useful tests that provide feedback about how an ICC profile behaves. We've selected *Evaluate a Profile* and then *Evaluate Neutral Rendering*, and then we are asked to select an ICC profile.

3.1. Evaluate a profile test

ColorThink Pro did all the work in producing the results in Fig. 1. You see the red, green and blue curves of the ICC profile (we selected an Epson Stylus Photo 2400 and glossy paper). As we move the cursor from left to right, we can examine the neutrality of the curves within the ICC profile, from black to white, while keeping a close eye on the chroma bull's-eye at the lower right of the Profile Inspector window. A chroma value of 0 would indi-

cate a perfect neutral; 0 chroma indicates no hue. This profile is pretty good; the worst area has a 1.0 chroma at level 12.

Notice in the second Profile Inspector, a profile of an Epson 2200, neutrality is so poor you can't see even a red dot in the chroma area. At this point in the

curve the value is a whopping 16. Obviously something's wrong with this profile, and thanks to ColorThink Pro, we know why; due to a clogged print head, there was no dark cyan ink used when the profile target was built.

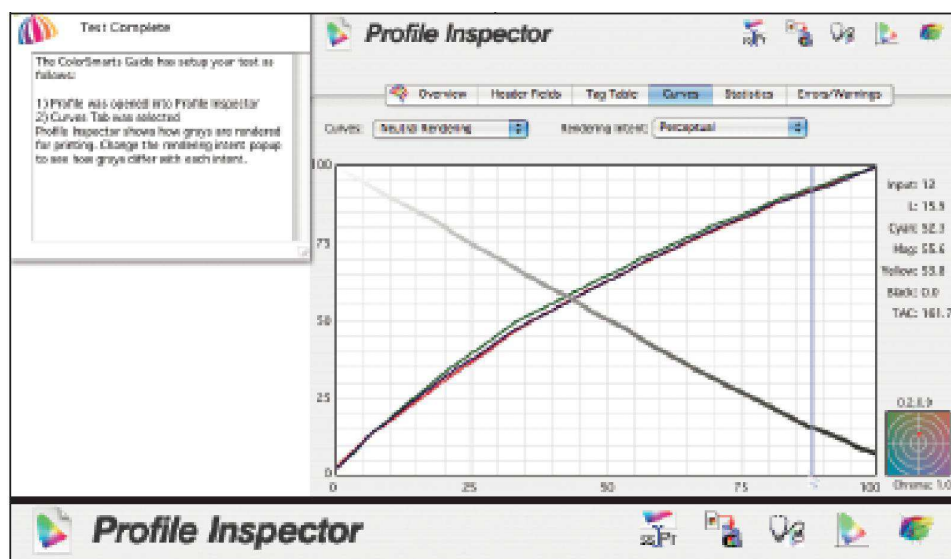


fig.1 The ICC profile

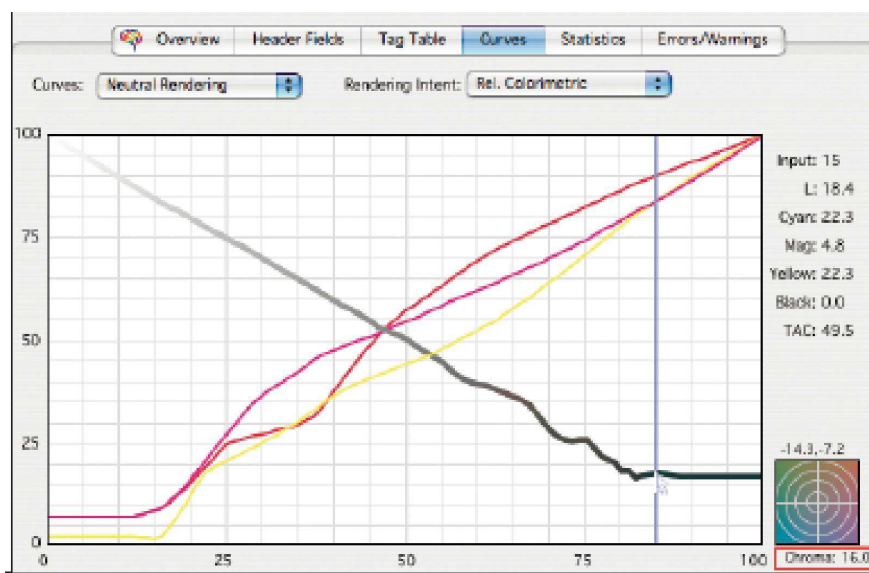


fig.2 The first Profile Inspector window

fig. 2 - The first Profile Inspector window shows a very low chroma value of 1.0 at level 12. However,

the second Profile Inspector window shows a very high chroma value (outlined in red) of 16, due to this

profile's having been built on a printer with a clogged print head.

3.2. Evaluate device RGB calibration test

Since an output profile provides data about the device it is based on, this profile provides useful information about each device. When we click on *Evaluate a Device* in the ColorSmarts Guide, we are presented with six options. We select *Evaluate Device RGB Calibration*. ColorThink Pro's online help (in the far right window) tells us this test will evaluate the neutrality of a device at the time the profile was built. We simply select a profile and click the Next button. ColorThink plots the neutrals in a three-dimensional graph that can be rotated. In Fig. 2 you can see the results from the same Epson 2400. Spinning this plot around an axis makes it much easier to see where the grays fall outside a perfect neutral; a perfectly straight line of dots running vertically from black to white.

This is illustrated when we plot an RGB working space —Adobe RGB (1998)—using the same test. The balls line up perfectly in the vertical axis. Each of the 256 values in Adobe RGB (1998) is neutral, a benefit of all RGB working spaces.

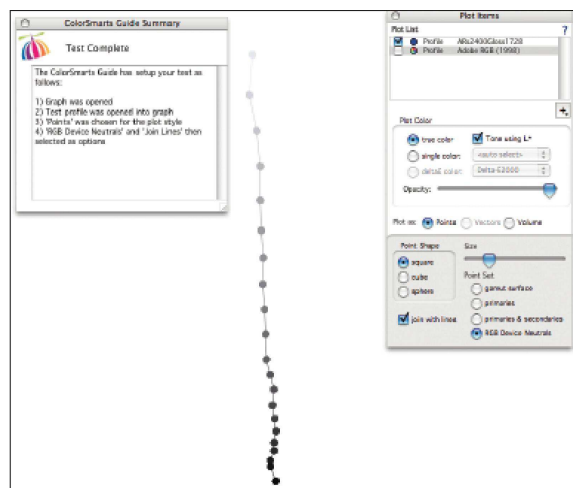


fig.3 The results of the test

Fig. 3 show the results of this test how well the printer behaves with respect to neutrals from black to white. Fig. 4 shows spinning of three-dimensional graph makes it easier to see where neutrals shift. Notice that even in print, the graph of Adobe RGB is perfectly straight along the vertical axis.

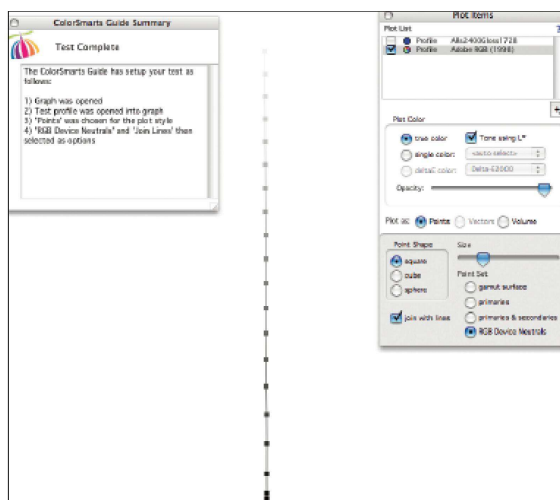


fig.4 The graph of Adobe RGB

3.3. Gamut comparison tests

One more useful test: we can compare the color gamut of any image to the gamut of any device using ColorSmarts Guide. We simply select an image and an ICC profile. We again selected the Epson 2400 and a drum-scanned image with highly saturated colors. In Fig. 3 the gamut of the printer is in red and the actual colors from the image are represented as colored dots, one dot per color. You can see that some yellow, blue and magenta dots fall outside the gamut of this printer. We can spin this three-dimensional graph to see the entire color space. Notice, too, that the red gamut representing the Epson printer has a controllable translucency so we can see where the colors of our image fall.

Fig. 3 shows the gamut of a printer and an actual image. Each colored dot represents the gamut of the color in the image.

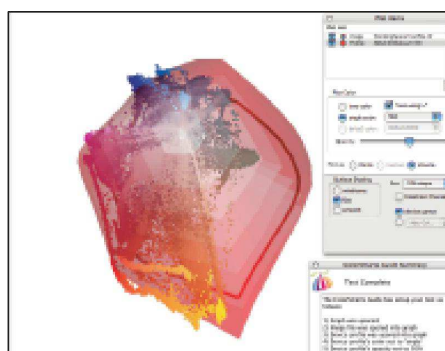


fig.5 Gamut of a printer

4. CONCLUSION

ColorThink Pro and ColorThink are great teaching tools because they show us how the color spaces of devices and images interact. One can even record a QuickTime movie of a spin of these gamut plots to share with other researchers or students. The software presented is a valuable tool for the authors' science research project – "Development of a stand and a methodology for color print quality evaluation of of-

face print equipment".

References

1. <http://www2.chromix.com/colorthink/>
2. **M. D. Fairchild**, Color Appearance Models, Addison-Wesley, Reading, MA, 1998.
3. **S. Gustavson**, Color gamut of halftone reproduction, J. Imaging Sci. Technol., 41(2), 283-290, 1997.
4. **R. W. G. Hunt**, The Reproduction of Colour, 3rd. ed., John Wiley & Sons, New York, 1975.

МЕТОД НА КАРТОГРАФИРАНЕ ЗА КОНВЕРТИРАНЕ НА ТРИМЕРНИ ПАРАМЕТРИЧНИ МОДЕЛИ ОТ РАЗЛИЧНИ CAD СИСТЕМИ В САТИА V5 R19

Фани ВЪЛЧКОВА
CERN, Швейцария
e-mail: fani.valchkova@cern.ch

Резюме: В настоящата статия е предложен метод за картографиране на тримерни параметрични модели от различни CAD системи в тази на САТИА V% R19. Този метод е осъществен в проекта „CMS in САТИА” в рамките на Европейската програма в Церн, Швейцария. Той е разработен на базата на съществуващите стандарти за конвертиране, като паралелно с тях се използва методът за картографиране на характеристиките, което позволява детайлно екстракване на характеристиките от оригиналния модел и успешното им възпроизвеждане в приемната CAD система (САТИА V5 R19). След конвертирането моделите запазват структурата си и могат да бъдат лесно коригирани.

Ключови думи: картографиране ,методика, CAD, 3D модели, конвертиране, САТИА

1. ВЪВЕДЕНИЕ

При CAD проектирането конструктивната характеристика е абстрактна геометрия, която представя конструктивните цели и може да бъде използвана за конструирането на формите на компонентите [1,3]. С други думи конструктивните характеристики като тези, показани в таблица 1., могат да се дефинират като комбинация от абстрактни характеристики на формите (гъвкава геометрична характеристика, която не е свързана с други приложения) и конструктивни цели.

Математически i -тата конструктивна характеристика DF^i може да бъде представена, като:

$$DF^i = F_d^i \cup I_d^i \quad (1)$$

където F_d^i представлява абстракция от характеристики в CAD проектирането, която е съставена от няколко повърхнини: $F_d^i = \bigcup_{j=1}^p f_j^i$, ($j = 1, 2, \dots, p$, номера на повърхнината); група I_d^i представлява конструктивни цели, които включват прецизни характеристики F_p^i (геометрични размери, толеранси и грапавост на повърхнините), функционални характеристики F_f^i (като осева линия, ос на симетрия, ос на отвор и др.) и материални характеристики F_a^i .

Характеристиките DF^i в CAD дизайна се описват като:

$$\begin{aligned} DF^i &= F_d^i \cup (F_{p_1}^i \cup F_{p_2}^i \cup \dots \cup F_{p_s}^i) \\ &\cup (F_{f_1}^i \cup F_{f_2}^i \cup \dots \cup F_{f_t}^i) \cup F_a^i = \quad (2) \\ &= F_n^i \cup \left(\bigcup_{l=1}^s F_{p_l}^i \right) \cup \left(\bigcup_{q=1}^t F_{f_q}^i \right) \cup F_a^i \end{aligned}$$

Конструктивните характеристики са описани с техните съставни повърхнини, но отношенията между тези повърхнини не са определени за точното определяне на конкретна геометрия. Пример за такава неопределена характерна геометрия е представен на фиг. 1. Въпреки, че трите конструктивни характеристики са наречени "жлеб", те са различни поради различната геометрия на разреза. За правилното конвертиране е необходимо да се опише връзката между тези характеристични равнини [2].

2. ФУНКЦИЯ НА „КАРТОГРАФИРАНЕ” НА ϑ_{n-a} ХАРАКТЕРИСТИКИТЕ НА ФОРМИТЕ

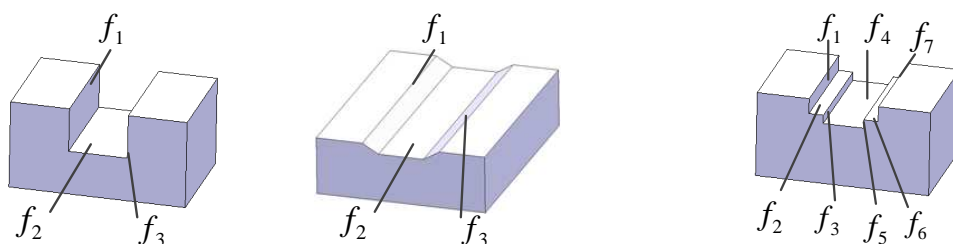
Процедурата за „картографиране” на характеристиките на формите може да бъде разделена на два етапа, фиг.2. Първи етап се извършва чрез процеса „картографиране” на функция ϑ_1 от абстрактна характеристика на формите F_n към преходната характеристика F_p . Вторият етап се

извършва чрез процеса „картографиране” на функция ϑ_2 от абстрактна характеристика на формите F_b към характеристиката на приемната САД система F_a . За по-късни етапи съществуват четири вида „картографиране” на характеристиките: картографиране едно към едно, едно към

две, две към едно и много характеристично към много характеристично „картографиране”. Съответно функцията на „картографиране” ϑ_{n-a} на характеристиките на формите е съставена от функциите ϑ_1 и ϑ_2 , които могат да бъдат представени като:

табл.1 Класификация на характеристиките на абстрактните форми.

Име на характеристиката	Геометрична форма
Изпълняност	
Жлеб	
Сляп жлеб	
Отвор	
Сляп отвор	
Ребро	
Разрез	
Закръгление	
Фаска	
Основни равнини	

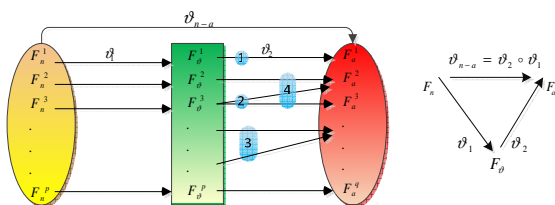


жлеб = $f_1 \cup f_2 \cup f_3$ жлеб = $f_1 \cup f_2 \cup f_3$ жлеб = $f_1 \cup f_2 \cup f_3 \cup f_4 \cup f_5 \cup f_6 \cup f_7$

Фиг.1. Характеризиране на жлеб с различна форма, определен чрез различен брой повърхнини.

$$\vartheta_{n-a} = \vartheta_2 \circ \vartheta_1 : F_n \rightarrow F_a \quad (3)$$

където \circ е символ, който представя съставното картографиране на функциите ϑ_1 и ϑ_2 .



Фиг.2. Функция на картографиране $\vartheta_{n-a} : F_n \rightarrow F_a$

3. ПРОЦЕС „КАРТОГРАФИРАНЕ” НА ФУНКЦИЯ ϑ_1

Нека $F_n = \{F_n^i, i=1,2,\dots,p\}$ бъде множество от абстрактни характеристики на множествата и $F_a = \{F_a^i, i=1,2,\dots,p\}$ е множество от повърхнини, съответстващи на елементите от множество F_n , ако $dom \vartheta_1 = F_n$, $val \vartheta_1 \subseteq F_a$, тогава ϑ_1 е процес на „картографиране” на формата F_n към F_ϑ , което може да бъде изразено като:

$$\begin{aligned} \vartheta_1 : F_n &\rightarrow F_a \\ x_1 \mapsto y_1 = \vartheta_1(x) \end{aligned} \quad (4)$$

където $x_1 \in F_n, y_1 \in F_\vartheta, x_1$ е обратен образ на y_1 , а y_1 е образ на x_1 чрез функцията ϑ_1 .

Процесът „картографиране” на функция ϑ_1 се използва за екстрактиране на топологични елементи от характеристиките на формите, както оси, криви и ъгливи елементи.

1) Когато $F_n^i \cap F_n^j = \emptyset (i \neq j)$ няма взаимодействие между характеристиките на формите, процесът може да бъде описан като:

$$\begin{aligned} \vartheta_1(F_n) &= \vartheta_1(F_n^1 \cup F_n^2 \cup \dots \cup F_n^p) = \\ &= (f_1^1 \cup f_2^1 \cup \dots) \cup (f_1^2 \cup f_2^2 \cup \dots) \\ &\cup \dots \cup (f_1^p \cup f_2^p \cup \dots \cup f_1^p) = \\ &= F_\vartheta^1 \cup F_\vartheta^2 \cup \dots \cup F_\vartheta^p \end{aligned} \quad (5)$$

където $F_\vartheta^i = f_1^i \cup f_2^i \cup \dots \cup f_s^i$ е съставен от повърхнините на i -тата характеристика F_d^i и релацията $f^i \cap f^j = \emptyset (i \neq j)$ е вярна когато няма взаимоотношения между характеристиките.

2) Когато $F_n^i \cap F_n^j \neq \emptyset (i \neq j)$ съществуват взаимодействия между характеристиките на формите. Топологичните елементи на две взаимодействащи характеристики F_n^i и F_n^j могат да бъдат променени, както и резултантните алтернативни характеристики и геометрии. Ако множеството от операции на симетрични разлики \oplus са приложени за тези характеристични елементи, когато две характеристики F_n^i и F_n^j си взаимодействат, промените на топологичните елементи на F_n^i и F_n^j могат да бъдат извлечени чрез функцията за картографиране на процеса ϑ_1 .

Да приемем, че $F_n^i = \bigcup_{s=1}^l f_s^i, F_n^j = \bigcup_{t=1}^l f_t^j$ и $F_n^i \cap F_n^j \neq \emptyset (i \neq j), f_u^i \in F_n^i, f_v^j \in F_n^j$, ако двете повърхнини f_u^i и f_v^j си взаимодействат, което се дължи на взаимодействието на характеристиките F_n^i и F_n^j и другите лица от двете взаимодействат

ваши характеристики остават непроменени. Тогава получаваме:

$$\vartheta_1(F_n^i \cup F_n^j) = \left(\bigcup_{s=1, s \neq u}^{l_1} f_s^i \right) \cup (f_u^i \oplus f_v^j) \cup \left(\bigcup_{t=1, t \neq 1}^{l_2} f_t^j \right), \quad (6)$$

където $f_u^i \oplus f_v^j$ представят симетричните разлики на двете взаимодействащи повърхнини f_u^i и f_v^j ; резултатът от симетричните различия \oplus в множеството от операции се анализира както следва:

В множеството от операции има следните правила:

$$(A \oplus B) = (A \cup B) - (A \cap B) \quad (7)$$

$$(A \oplus B) = (A - B) \cup (B - A) \quad (8)$$

От предходните формули произлизат следните операции:

$$(f_u^i \oplus f_v^j) = (f_u^i \cup f_v^j) - (f_u^i \cap f_v^j) \quad (9)$$

$$(f_u^i \oplus f_v^j) = (f_u^i - f_v^j) \cup (f_v^j - f_u^i) \quad (10)$$

Могат да бъдат описани четири случая на взаимодействия на характеристиките:

а) Ако $f_u^i \subseteq f_v^j$, фиг.3.а, тогава $f_u^i \oplus f_v^j$ в множеството от операции дава:

$$\begin{aligned} f_u^i \cup f_v^j &= f_v^j, \\ f_u^i \cap f_v^j &= f_u^i, \\ f_v^j - f_u^i &= f_v^j \end{aligned} \quad (11)$$

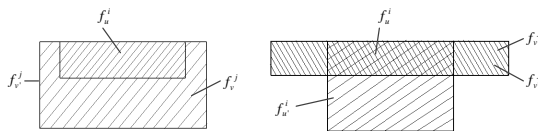
$$\therefore f_u^i \oplus f_v^j = (f_u^i \cup f_v^j) - (f_u^i \cap f_v^j) = f_v^j - f_u^i = f_v^j$$

б) ако $f_u^i \supseteq f_v^j$, получаваме:

$$\begin{aligned} f_u^i \oplus f_v^j &= (f_u^i \cup f_v^j) - (f_u^i \cap f_v^j) = \\ f_u^i - f_v^j &= f_u^i \end{aligned} \quad (12)$$

в) ако $f_u^i = f_v^j$, тогава:

$$f_u^i \oplus f_v^j = f_u^i - f_u^i = \emptyset \quad (12)$$



f_u^i, f_v^j - лица преди	$f_u^i = f_u^i - f_v^j$
взаимодействие	$f_v^j = f_v^j - f_u^i$
$f_v^j = f_v^j - f_u^i$ - лица	f_v^j - равнина с две
след взаимодействие	външни връзки
а)	б)

Фиг.3. Операция $f_u^i \oplus f_v^j$ на повърхнините на взаимодействащи характеристики

г) ако $f_u^i \not\subseteq f_v^j$ фиг.3б, имаме:

$$f_u^i - f_v^j = f_u^i, \quad f_v^j - f_u^i = f_v^j \quad (13)$$

$$\therefore f_u^i \oplus f_v^j = (f_u^i - f_v^j) \cup (f_v^j - f_u^i) = f_u^i \cup f_v^j \quad (14)$$

Като цяло приложението на операциите на симетричните разлики към характеристикните взаимодействия могат да бъдат изразени като:

$$f_u^i \oplus f_v^j = \begin{cases} \emptyset; f_u^i = f_v^j, \\ f_v^j; f_u^i \subseteq f_v^j, \\ f_u^i; f_u^i \supseteq f_v^j, \\ f_u^i \cup f_v^j; f_u^i \not\subseteq f_v^j, \end{cases} \quad (15)$$

където f_u^i и f_v^j представят повърхнините на две характеристики *преди* тяхното взаимодействие, а f_u^i и f_v^j представят повърхнините на две характеристики *след* тяхното взаимодействие.

Очевидно процесът за картографиране на функцията ϑ_1 може да бъде използван не само за екстракване на топологични елементи на независимите характеристики, но също така и за идентифициране на топологични елементи на взаимодействащите помежду си характеристики. Представените характеристики на формите в оригиналната CAD система могат да бъдат трансформирани успешно в приемната CAD система. Това представяне е комбинация от броя на реалните съществуващи повърхнини на модела. На фиг.4. е представен процес на параметрично моделиране и резултантно състояние на параметричното моделиране за компонента. При моделирането множеството от абстрактни характеристики F_n на множеството на представените компоненти съдържат *изпъкналост, жлеб и разрез* характеристики, F_n , се изразяват като обединено множество от тези характеристики.

$$F_n = \text{изпъкналост} \cup \text{жлеб} \cup \text{разрез} \quad (16)$$

и

$$\text{изпъкналост} = f_1 \cup f_2 \cup f_3 \cup f_4 \cup f_5 \cup f_6,$$

$$\text{жлеб} = f_1^1 \cup f_2^1 \cup f_3^1 \cup f_4^1 \cup f_5^1, \quad (17)$$

$$\text{разрез} = f_1^2 \cup f_2^2.$$

Взаимодействието на характеристиките между *жлеб* и *разрез* формират характеристичното множество F'_n , съответстващо на моделирания резултат, което е различно от използваното оригинално характеристично множество F_n .

Имаме:

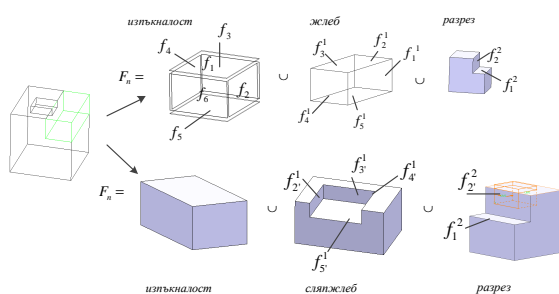
$$F'_n = \text{изпъкналост} \cup \text{сляпжлеб} \cup \text{разрез} \quad (18)$$

В този пример несъмнено се променя не само характеристичният клас (от *жлеб* към *сляп жлеб*), но също така се променят и съставните повърхнини на характеристиките. Изводът от процеса на картографиране на функцията ϑ_1 може да бъде изразен като:

$$\begin{aligned} \vartheta_1(F_n) &= \vartheta_1(\text{изпъкналост} \cup \text{жлеб} \cup \text{разрез}) \\ &= (f_1 \cup f_2 \cup f_3 \cup f_4 \cup f_5 \cup f_6) \\ &\times \cup (f_2^1 \cup f_3^1 \cup f_4^1 \cup f_5^1 \cup (f_1^1 \oplus f_2^2) \cup f_1^2) \\ &= (f_1 \cup f_2 \cup f_3 \cup f_4 \cup f_5 \cup f_6) \times \\ &\cup (f_2^1 \cup f_3^1 \cup f_4^1 \cup f_5^1 \cup f_2^2 \cup f_1^2) \end{aligned} \quad (18)$$

където,

$$\begin{aligned} f_1^1 \oplus f_2^2 &= f_2^2 \\ f_1^1 &\subseteq f_2^2 \end{aligned} \quad (19)$$



фиг.4. Процес на параметрично моделиране и резултантно състояние на параметричното моделиране за компонента.

Чрез процеса на картографиране на функцията ϑ_1 е възможно да се определи смяната на харак-

теристиките, включени в определени взаимодействия и да се получи коректно конвертиране на тези характеристики.

4. ПРОЦЕС „КАРТОГРАФИРАНЕ” НА ФУНКЦИЯ ϑ_2

Нека $F_\vartheta = \{F_\vartheta^i, i=1,2,\dots,p\}$ е множество от повърхнини, получени чрез процеса на картографиране на функцията ϑ_1 . Нека $F_a = \{F_a^j, j=1,2,\dots,q\}$ е множество от функции на конвертирания вече модел.

Ако $\text{dom}\vartheta_2 = F_\vartheta, \text{val}\vartheta_2 \subseteq F_a$, тогава функцията ϑ_2 е наречена картографиране на функцията в приемната CAD система от F_ϑ към F_a и се описва като:

$$\begin{aligned} \vartheta_2 : F_\vartheta &\rightarrow F_a \\ y_1 \mapsto y_2 &= \vartheta_2(y_1) \end{aligned} \quad (20)$$

където $y_1 \in F_\vartheta, y_2 \in F_a, y_1$ е обратното изображение на y_2, y_2 е изображението от функцията ϑ_2 .

На базата на съставни повърхнини от получените характеристики на формите чрез функцията ϑ_1 , процесът за картографиране на функциите е приложен за търсене и извличане на скритите атрибути на повърхнините (като техните вектори и типове), за идентифициране на ограничителните връзки между повърхнините (например перпендикулярност и успоредност) и за извличане описанието на характерни форми, подобни на тези от предпочитаните характеристики. В тази насока картографирането на характеристиките на формите от оригиналната CAD система към приемната CAD система може да бъде архивирано.

Предполага се, че функциите, използвани за атрибутите и ограничителните връзки, са наречени функции на *търсенето* и са представени чрез символа ϑ_{21} . Предполагаме, че по-нататък функцията, използвана за реконструиране на повърхнините и описваща техните връзки, е наречена функция на *ограниченията* и е представена чрез символа ϑ_{22} . Тогава процесът „картографи-

ране” на функция ϑ_2 е синтезиран от функция на търсенето ϑ_{21} и функция на ограниченията ϑ_{22} и е описана като,

$$\begin{aligned} \vartheta_2 &= \vartheta_{22} \circ \vartheta_{21} : F_\vartheta \rightarrow F_a, \\ y_1 &\mapsto y_2 = \vartheta_2(y_1) = \vartheta_{22}(\vartheta_{21}(y_1)), \end{aligned} \quad (21)$$

където \circ представя синтеза от двете функции ϑ_{21} и ϑ_{22} .

Резултатът от функцията на търсенето ϑ_{21} включва два параграфа:

- Първият е описанието на множеството повърхнини, които включват атрибутите на техните вектори, криви и типове.

- Вторият е описанието на ограничителните връзки между тези повърхнини от характеристиките.

Нека REL бъде областта от ограничителни връзки, с други думи REL е множество от перпендикулярност (R_{perp}) R_\perp , паралелност (R_{par}) R_\parallel , ъглово разположение (R_{ang}) R_\angle , прилагателни (R_{adj}) и съвместни повърхнини (R_{coface}). Това може да бъде описано като:

$$REL = \{R_{perp}, R_{par}, R_{ang}, R_{adj}, R_{coface}\} \quad (22)$$

$P(REL)$ е индекс на множество от REL , което включва всички подмножества, с изключение на празните, именно $P(REL) \neq \varnothing$. Затова резултатът от функцията на търсенето ϑ_{21} е обединение от множество повърхнини и ограничителни връзки на характеристиките. Следователно функцията ϑ_{21} може да бъде представена като:

$$\vartheta_{21}(y_1) = \bigcup_{i=1}^p \left(\bigcup_{j=1}^l f_j^i \cup P(REL) \right) \quad (23)$$

където $i = 1, 2, \dots, p$ е номер на характеристиките на формите в оригиналната CAD система; $j = 1, 2, \dots, l$ е номер на съставните повърхнини, съответстващ на F_n^i в оригиналната CAD система.

Заместваме формула (23) във формула (24); за функцията ϑ_2 се получава:

$$\begin{aligned} \vartheta_2(y_1) &= \vartheta_{22}(\vartheta_{21}(y_1)) = \\ &\vartheta_{22} \left(\bigcup_{i=1}^p \left(\bigcup_{j=1}^l f_j^i \cup P(REL) \right) \right) \\ &= \vartheta_{22} \left(\left(\bigcup_{j=1}^{l_1} f_j^{i_1} \cup P(REL) \right) \cup \right. \\ &\quad \left. \left(\bigcup_{j=1}^{l_2} f_j^{i_2} \cup P(REL) \right) \right. \\ &\quad \left. \cup \dots \cup \left(\bigcup_{j=1}^{l_p} f_j^{i_p} \cup P(REL) \right) \right) \\ &= \left(f_1^{i_1} \cup f_2^{i_1} \cup f_3^{i_1} \cup R_{per} \cup R_{par} \right) \cup \\ &\quad \left(f_1^{i_2} \cup f_2^{i_2} \cup \dots \cup f_{l_2}^{i_2} \cup R_{per} \cup R_{par} \cup R_3 \cup R_4 \right) \\ &\quad \cup \dots \cup \left(f_1^{i_p} \cup f_2^{i_p} \cup f_3^{i_p} \cup f_4^{i_p} \cup f_5^{i_p} \right) \\ &\quad \left(\bigcup_{j=1}^l R_j \cup R_2 \cup R_3 \cup R_4 \cup R_5 \right) = \\ &= F_a^1 \cup F_a^2 \cup \dots \cup F_a^q = \bigcup_{i=1}^q F_a^i \end{aligned} \quad (24)$$

Формула 24 показва, че процесът на картографиране на характеристиките от F_ϑ до F_a е реализиран чрез процеса на картографиране ϑ_2 чрез синтезирането на ϑ_{21} и ϑ_{22} .

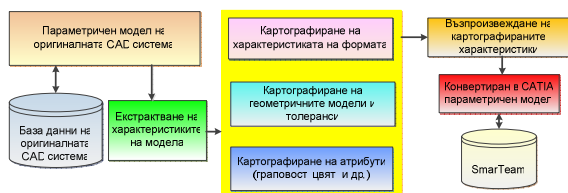
Комбинирането на двете функции за картографиране ϑ_1 и ϑ_2 , функцията картографиране ϑ_{n-a} на характеристиките на формите в оригиналната CAD система към приемната CAD система могат да бъдат представени като:

$$\begin{aligned} \vartheta_{n-a} &= \vartheta_2 \circ \vartheta_1 : F_n \rightarrow F_a, \\ y_2 &= \vartheta_{n-a}(x_1) = \vartheta_2(\vartheta_1(x_1)) = \\ &\vartheta_{22}(\vartheta_{21}(\vartheta_1(x_1))) \end{aligned} \quad (25)$$

По този начин резултатите от функцията ϑ_{n-a} могат също да бъдат описани като:

$$\begin{aligned} \vartheta_{n-a} \left(\bigcup_{i=1}^p F_n^i \right) &= \vartheta_{22} \left(\vartheta_{21} \left(\vartheta_1 \left(\bigcup_{i=1}^p F_n^i \right) \right) \right) \\ &= \vartheta_{22} \left(\vartheta_{21} \left(\bigcup_{i=1}^p \left(\bigcup_{j=1}^l f_j^i \right) \right) \right) \\ &= \vartheta_{22} \left(\bigcup_{i=1}^p \left(\bigcup_{j=1}^l f_j^i \cup P(REL) \right) \right) = \bigcup_{j=1}^p F_a^j \end{aligned} \quad (26)$$

5. ПРЕДЛОЖЕНИЕ ЗА ИНТЕГРИРАНА СИСТЕМА ЧРЕЗ ФУНКЦИЯТА ЗА КАРТОГРАФИРАНЕ



фиг.5. Схема на конвертиране чрез подхода за картографиране на характеристиките.

Интегрирана система чрез модул за конвертиране на характеристиките, базирана на математическо представяне на процеса на картографиране на характеристиките, не е била прилагана за конвертиране на параметрични модели между различни САД системи. Фиг.5 са представени основните зависимости при конвертиране, базирано на картографирането на характеристиките. Системата включва модул за проектиране на тримерни параметрични модели (оригинална САД система), модул за конвертиране на характеристиките (включително конвертиране на характеристиките на формите, на геометричните размери и толеранси), универсален представител (базиран на конвертирането на характеристики на моделите), който е базиран на съществуващите и утвърдени до момента стандарти за конвертиране на тримерни параметрични модели.

6. ИЗВОДИ

Създаденият математически модел беше използван за описание на процеса на конвертиране на характеристиките на тримерните параметрични модели и е представен чрез две функции за картографиране ϑ_1 и ϑ_2 . Функцията ϑ_1 е използвана за екстракване на информацията за топо-

логичните елементи от характеристиката на формата, съдържаща топологичната информация на интерактивните характеристики. Функцията ϑ_2 е използвана да дефинира картографирането на характеристиките в приемната САД система чрез функция на търсенето ϑ_{21} и функция на ограниченията ϑ_{22} . Функцията на търсенето осъществява извеждането на атрибутите и връзките на характеристиките. Функция на ограниченията е използвана за реконструиране на характеристиките и изучаването на съответстващите връзки между характеристиките.

Чрез тези функции всички съответни характеристики на тримерните параметрични модели могат да бъдат извадени и конвертирани в приемната САД система, дори в някои случаи се среща взаимодействие между характеристиките. Ако една характеристика взаимодейства с друга характеристика, оригиналната форма на модела може да бъде променена и принципно той става различен тип характеристика. Чрез анализите на математическия модел тази промяна на характеристиката на формата може да бъде наблюдавана и съответната характеристика на конвертирания модел може да бъде коректно генерирана.

Литература

1. Bettig, B.; Shah J. "Derivation of a standard set of geometric constraints for parametric modeling and data exchange", International Journal of CAD, V33, 2001, pp. 17-33.
2. Schlechtendahl, E. CAD Data Transfer for Solid Models. ISBN-13: 978-0387518268, Springer-Verlag, Berlin, 1989.
3. Seo, T., Lee Y., Cheon S., Han S., Patil L., Dutta D. Sharing CAD models based on feature ontology of commands history. International Journal of CAD/CAM (5), 2009.

METHODOLOGY FOR 3D PARAMETRICAL MODELS EXCHANGE FORM DIFFERENT CAD SYSTEMS TO CATIA V5 R19

Fani VALCHKOVA
CERN, Switzerland
e-mail: fani.valchkova@cern.ch

Abstract: The paper presents a methodology for 3D parametrical models exchange from different CAD systems to CATIA V5 R19. This method is developed in „CMS in CATIA” project in Cern, Switzerland. It’s based of actuality standards for converting, in parallel with them is used the methods for mapping features , which allows a detail extracting of the features from the native model and the successful reproduction into adaptive CAD system (CATIA V5 R19). After converting the models retain the structure and can be easily modify.

Keywords: mapping, method, CAD system, 3D models, exchange, CATIA

ПРИНУДЕНИ ПРОСТРАНСТВЕНИ ТРЕПТЕНИЯ НА ЕДНОВЪЖЕН КАБИНКОВ ЛИФТ, ПОРОДЕНИ ОТ ВЯТЪР

Васил АХЧИЙСКИ

катедра „Инженерна логистика, подемно-транспортна и строителна техника”, Технически университет - София, България, email: v.ahchiski@gmail.com

Резюме: В работа е изследвано принудените пространствени трептения на едновъжен кабинков лифт. Съставени са и решени системи диференциални уравнения в матричен вид. Отчетени са масови, инерционните, еластичните, демпфиращите и силовите свойства, както и пространствената геометрия на системата. Смущенията са породени от постоянно действащ или с пориви вятър и момент от вихрушка. Получените формули са за динамичен синтез на нови или усъвършенствани кабинкови лифтове.

Ключови думи: принудени трептения, едновъжена линия, обобщени сили, виртуална работа

1. УВОД

От познатата литература малко са авторите, които са изследвали въздействието на вятъра върху въжените линии [7]. Вятъра оказва неблагоприятно въздействие върху динамичната система и застрашава функционирането и, превозването на пътници и намалява комфорта на пътуването. Редица автори са публикували статии [3,4,5,6] за матрично моделиране, които бяха полезни за разработването на тази работа.

2. ОБОБЩЕНИ СИЛИ

На фигура 1 е даден динамичния модел на едновъжен кабинков лифт в едно междустълбие с една кабина.

Системата е с 8 степени на свобода и се описва с вектора на обобщените координати:

$$\mathbf{q} = [x_1 \quad y_1 \quad z_1 \quad \theta_{x1} \quad \theta_{y1} \quad \theta_{z1} \quad \Phi_{y2} \quad \theta_{x3}]^T \quad (1)$$

Приложените върху лифта сили от вятъра и негови пориви са редуцирани в съответните масови центрове и имат вида:

$$\mathbf{M}_i = [M_x M_y M_z]^T = \mathbf{M}_{0i} + \sum \mathbf{M}_j \sin(\Omega_j t) \quad (10)$$

$$\mathbf{F}_i = [F_x F_y F_z]^T = \mathbf{F}_{0i} + \sum \mathbf{F}_j \sin(\Omega_j t)$$

$j = 1..n$ - синусоиди

$i = 1, 2, 3$ – тела

За тяло 1 хващач обобщените сили се определят по следния начин [1]:

Виртуална работа и обобщени сили от действащ върху тялото момент на двоица M_i и сила F_i приложена в масовия център т. P_i .

На фиг.2 е показано свободно тяло I в 3D пространството с действаща върху него сила, определена с вектора

$$\mathbf{F}_i = [F_x \quad F_y \quad F_z]^T \quad (3)$$

и момент на двоица

$$\mathbf{M}_i = [M_x \quad M_y \quad M_z]^T \quad (4)$$

с вектор \mathbf{R}_{Pi}^0 на приложната точка P_i на силата F_i

$$\mathbf{R}_{Pi}^0 = \mathbf{R}_i^0 + \mathbf{U}_i^0 \cdot \mathbf{r}_{Pi} \quad (5)$$

Виртуалната работа на силата и момента се дефинира чрез

$$\delta W_e = \mathbf{F}_i^T \cdot \delta \mathbf{R}_{Pi}^0 + \mathbf{M}_i^T \cdot \delta \Theta \quad (6)$$

където трябва да се вземат предвид

$$\delta \mathbf{R}_{Pi}^0 = \delta \mathbf{R}_i^0 - \mathbf{U}_i^0 \cdot \tilde{\mathbf{r}}_{Pi} \cdot \mathbf{U}_i^{\Omega 0} \cdot \delta \Theta =$$

$$\delta \mathbf{R}_i^0 - \tilde{\mathbf{r}}_{Pi}^0 \cdot \mathbf{U}_i^{\Omega 0} \cdot \begin{bmatrix} \delta \Phi_1 \\ \delta \Phi_2 \\ \delta \Phi_3 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\delta \Theta = \mathbf{U}_i^{\Omega 0} \cdot \begin{bmatrix} \delta \Phi_1 \\ \delta \Phi_2 \\ \delta \Phi_3 \end{bmatrix} \quad (8)$$

$\mathbf{U}_i^{\Omega 0}$ се определя от кинематиката [1].

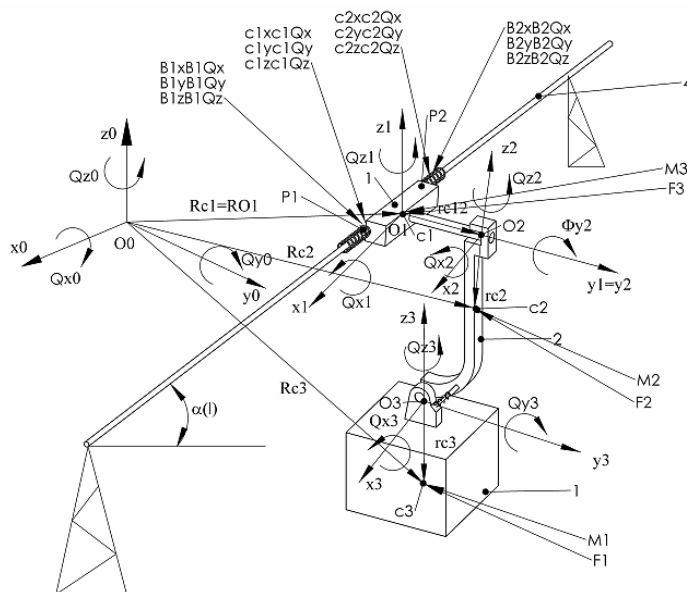
Като се заместят (7) и (8) в израза (6), за виртуалната работа на силата и момента се получава:

$$\begin{aligned} \delta W_e &= \mathbf{F}_i^T \cdot \delta \mathbf{R}_i^0 - \mathbf{F}_i^T \cdot \tilde{\mathbf{r}}_{Pi}^0 \cdot \mathbf{U}_i^{\Omega 0} \cdot \delta \Theta \\ &+ \mathbf{M}_i^T \cdot \mathbf{U}_i^{\Omega 0} \cdot \delta \Theta = \mathbf{F}_i^T \cdot \delta \mathbf{R}_i^0 + \\ &(-\mathbf{F}_i^T \cdot \tilde{\mathbf{r}}_{Pi}^0 \cdot \mathbf{U}_i^{\Omega 0} + \mathbf{M}_i^T \cdot \mathbf{U}_i^{\Omega 0}) \cdot \delta \Theta = \\ &= \mathbf{Q}_R \cdot \delta \mathbf{R}_i^0 + \mathbf{Q}_Q \cdot \delta \Theta \end{aligned}$$

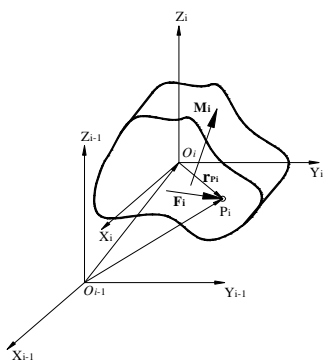
От (9) се определят обобщените сили:

$$\mathbf{Q}_R = \mathbf{F}_i \quad (10)$$

$$\begin{aligned} (9) \quad \mathbf{Q}_Q(F, M_i) &= (-\mathbf{U}_i^{\Omega 0 T} \cdot \tilde{\mathbf{r}}_{Pi}^0 \cdot \mathbf{F}_i + \mathbf{U}_i^{\Omega 0 T} \cdot \mathbf{M}_i) = \\ &\mathbf{U}_i^{\Omega 0 T} \cdot (\tilde{\mathbf{r}}_{Pi}^0 \cdot \mathbf{F}_i + \mathbf{M}_i) \end{aligned} \quad (11)$$



фиг.1 Динамичен модел на кабина



фиг.2 Тяло в пространството

защото $\tilde{\mathbf{r}}_{Pi}^0 = -\tilde{\mathbf{r}}_{Pi}^{0T}, \quad \mathbf{r}_{Pi}^0 = \mathbf{U}_i^0 \cdot \mathbf{r}_{Pi}$.

3.ОБОБЩЕНИ СИЛИ ОТ СИЛИ И МОМЕНТИ, ДЕЙСТВАЩИ ВЪРХУ МЕХАНИЧНА СИСТЕМА

Като вземем предвид (1) то виртуалната работа на тези сили и моменти е

$$\delta W_e = \sum_{i=1}^{nf} \mathbf{F}_i^T \cdot \delta \mathbf{R}_i^0 + \sum_{i=1}^{nm} \mathbf{M}_i^T \cdot \delta \Theta_i \quad (12)$$

където $\mathbf{R}_i^0 = \mathbf{R}_i^0(\mathbf{q}_i)$; $\Theta_i = \Theta_i(\mathbf{q}_i)$; \mathbf{q}_i е вектор на обобщените координати на системата.

Виртуалните линейни премествания $\delta \mathbf{R}_i^0$ и виртуалните ъгли завъртания $\delta \Theta_i$ на системата се определят от:

$$\delta \mathbf{R}_i^0 = \frac{\partial \mathbf{R}_i^0}{\partial \mathbf{q}_i} \delta \mathbf{q}_i \quad (13)$$

$$\delta \Theta_i = \frac{\partial \Theta_i}{\partial \mathbf{q}_i} \delta \mathbf{q}_i \quad (14)$$

Следователно виртуалната работа на телата хващач 1, носач 2 и кабина 3 се определят от:

$$\delta W_e = \left(\mathbf{F}_i^T \cdot \frac{\partial \mathbf{R}_i^0}{\partial \mathbf{q}_i} + \mathbf{M}_i^T \cdot \frac{\partial \Theta_i}{\partial \mathbf{q}_i} \right) \delta \mathbf{q}_i \quad (15)$$

което може да се запише във вида:

$$\delta W_e = \mathbf{Q}_e^T \cdot \delta \mathbf{q}_i \quad (16)$$

където \mathbf{Q}_e е вектор на обобщените сили на всички външни сили и моменти, действащи върху механичната система и се определя от:

$$\mathbf{Q} = \left(\mathbf{F}_i^T \cdot \frac{\partial \mathbf{R}_i^0}{\partial \mathbf{q}_i} + \mathbf{M}_i^T \cdot \frac{\partial \Theta_i}{\partial \mathbf{q}_i} \right) \quad (17)$$

4. ДИФЕРЕНЦИАЛНИ УРАВНЕНИЯ НА ПРИНУДЕНИТЕ ПРОСТРАНСТВЕНИ ТРЕПТЕНИЯ НА ЕДНОВЪЖЕН КАБИНКОВ ЛИФТ

Като вземем предвид 7,8, и 17 и изразите за кинетичната и потенциална енергии и разсейване на енергията и използване метода на Лагранж от втори род се получават диференциалните уравнения на принудените пространствени трептения на едновъжен кабинков лифт:

$$\mathbf{M} \ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{B} \dot{\mathbf{q}} + \mathbf{C} \mathbf{q} = -\mathbf{S} \ddot{\mathbf{q}} - \mathbf{R}(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}) + \mathbf{Q} \quad (18)$$

където: \mathbf{M} , \mathbf{C} са матрици съответно на масите и на еластичните коефициенти на механичната система дефинирани в [1]; \mathbf{B} е матрица на демпфиращите свойства на механичната система дефинирана в [2]; \mathbf{Q} - смущаващи обобщени сила и момент от вятър и вихрушки; \mathbf{S} и \mathbf{R} описват нелинейните свойства на системата.

При малки трептения около устойчиво равновесно положение системата диференциални уравнения придобива следния вид:

$$\mathbf{M} \ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{B} \dot{\mathbf{q}} + \mathbf{C} \mathbf{q} = \mathbf{Q} \quad (19)$$

5. РЕШЕНИЯ НА СИСТЕМАТА ДИФЕРЕНЦИАЛНИ УРАВНЕНИЯ

Получаването на общите решения на системата (19) е свързано с определяне на началните условия на движение $\mathbf{q}(0)$ и $\dot{\mathbf{q}}(0)$, които зависят от вида на движение на системата.

При хармоничен вид на смущаващите сили и начални условия $t = 0$, $\mathbf{q}(0) = \mathbf{q}_0$, $\dot{\mathbf{q}}(0) = \dot{\mathbf{q}}_0$,

общите решения на системата диференциални уравнения (19) са:

$$\begin{aligned} q(t) = & \sum_{r=1}^8 \frac{2}{g_r^2 + h_r^2} [\mathbf{G}_r \mathbf{M} \dot{q}(0) + \\ & (-\alpha_r \mathbf{G}_r \mathbf{M} + \beta_r \mathbf{H}_r \mathbf{M} + \mathbf{G}_r \mathbf{B}) q(0)] \cdot e^{-\alpha_r t} \cdot \cos \beta_r t + \\ & + \sum_{r=1}^8 \frac{2}{g_r^2 + h_r^2} [\mathbf{H}_r \mathbf{M} \dot{q}(0) + \\ & (-\alpha_r \mathbf{H}_r \mathbf{M} - \beta_r \mathbf{G}_r \mathbf{M} + \mathbf{H}_r \mathbf{B}) q(0)] \cdot e^{-\alpha_r t} \cdot \sin \beta_r t + \\ & + \operatorname{Re} \left\{ \sum_{k=0}^n \sum_{r=1}^8 \frac{2}{g_r^2 + h_r^2} \frac{\alpha_r \mathbf{G}_r + \beta_r \mathbf{H}_r + i k \Omega \mathbf{G}_r}{\omega_r^2 - k^2 \Omega^2 + i 2 k \sigma_r \omega_r \Omega} \mathbf{Q} \cdot e^{i k \Omega t} \right\} \end{aligned} \quad (20)$$

$$\mathbf{G}_r = g_r \mathbf{L}_r + h_r \mathbf{R}_r;$$

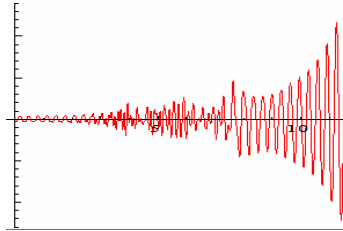
$$\mathbf{L}_r = \mathbf{V}_r \mathbf{V}_r^T - \mathbf{W}_r \mathbf{W}_r^T;$$

$$\mathbf{H}_r = h_r \mathbf{L}_r - g_r \mathbf{R}_r;$$

$$\mathbf{R}_r = \mathbf{V}_r \mathbf{W}_r^T + \mathbf{W}_r \mathbf{V}_r^T.$$

където: \mathbf{Q} - е векторът на обобщените външни сили.

Графики на принудените трептения около оста x на носача фиг. 3



фиг. 3 Графика на принудените трептения



фиг.4 Кабина под въздействието на вятър



фиг. 4а) Кабина под въздействието на вятър и вихрушка



фиг.4б) Кабина паднала от транспортното въже

6.ИЗВОДИ

Постигнати са целите на поставените задачи. Изследвани са принудените пространствени трептения на едновъжен кабинков лифт. Съставени са и решени системи диференциални уравнения в матричен вид. Отчетени са масови инерционните, еластичните, демпфиращите и силовите свойства и пространствената геометрия на системата. Смущенията са породени от постоянно действащ или с пориви вятър и момент от вихрушка в 3D пространството. Получените формули са за динамичен синтез на нови или усъвършенствани кабинкови лифтове. Даден е вариант на принудено трептене фиг. 4,4а, от вятър и вхрушка , както и инцидент с падане на кабина фиг 4,б.

Литература:

1.Ахчийски В, Ч. Ангелов,Г. Илиев "Незатихващи трептения, собствени честоти и форми на кабина от едновъжена линия в 3D пространството".Българско списание за инженерно проектиране, брой 12, май 2012.,стр.17-22.

2.Ахчийски В., Ил. Ангелов, Г. Илиев" Пространствени трептения на въже, хващач, носач и кабина с пътници от едновъжен кабинков лифт" Българско списание за инженерно проектиране,брой 13, юни 2012., стр.21-24

3.Ангелов И., В. Бачев, В.Николов,„Механо – математично матрично моделиране на пространствените свободни незатихващи трептения на лек автомобил" Българско списание за инженерно проектиране, брой 12, май 2012. , стр.23-28.

4.Ангелов Ил., Д. Желев, В. Бачев, В. Николов „Матрична кинематика на мотокар с хидродинамичен повдигач в тримерното пространство" Механика на машините. Година XX, книга 4, 2012., стр.37-42.

5.Бачев В., В. Николов, Ч.Ангелов. Механо – матрично моделиране в пространството на принудените трептения на лек автомобил от неравностите на пътното платно, Механика на машините. Година XX, книга 4, 2012., стр.29-32.

6. Бачев В., В. Николов, Ил. Ангелов. Свободни незатихващи трептения в пространството на силов агрегат с ДВГ, монтирани върху стенд, Механика на машините. Година XX, книга 4, 2012., стр.33-36.

7.Петрова.Р "Симулация на динамиката на работещ въжен път с две въжета със сменяеми гондоли със ставна връзка „окачвач кабина" , изложени на странично натоварване", ТУ-софия,2000

SPATIAL FORCED OSCILLATIONS ON MONOCABLE GONDOLA LIFT, CAUSED BY WIND

Vasil AHCHIYSKI

Logistics engineering department, Technical University-Sofia, Bulgaria

e-mail: v.ahchiski@gmail.com

Abstract: In the work is studied spatial forced oscillations on monocable gondola lift. Systems differential equations in matrix form are formulated and solved. Mass, inertia, elastic, damping and strength properties as geometrical features of the transport system are taken into account. Disturbance are generated by constantly acting or with gust of wind and moment of whirlwind. Obtained formulas are for dynamic synthesis for new or advanced gondola lifts.

Keywords: forced oscillations, monocable ropeway, generalized forces, virtual work

MATHEMATICAL STUDIES APPLIED IN BALL BEARINGS RELIABILITY ANALYSIS

Constantin BUZATU¹ Badea LEPADATESCU¹ Ioan ENESCU²

¹Department of Technological Engineering and Industrial Management, Transilvania University of Brasov, Romania
e-mail: cobuzatu@unitbv.ro, lepadatescu@unitbv.ro

²Department of Mechanics, Transilvania University of Brasov, Romania
e-mail: enescu@unitbv.ro

Abstract: The evolutions of stresses in mechanical transmissions are not uniform. It was being developed analysis techniques and tests to find the influence of random efforts on the fatigue life, wear, etc. The paper presents mathematical models and graphical dependence of the bearings raceway surface roughness upon the influence of the cutting parameters. There are also presented some recommendations concerning the superfinishing process optimization.

Keywords: bearing, mathematical model, roughness, superfinishing

1. INTRODUCTION

A technical system, as a bearing, which is used in most of the machine components, and that is well designed and tested, would not presents failure in function, if don't appear random factors during function. Studies shown that even the best technical systems that were follow all the factors regarding the quality, can have failure during their life because of the influence of random factors that are hard to predict.

During bearing service life, transmitting of forces for different cinematic parameters imply relative displacements (between the moving elements) and of the forces that act vectorial. Being phenomena which exist in any bearing, defects caused by the wear have influence on their reliability and can appear because of [6], [7]:

- machining processes, assembly processes, setting of elements which are in friction process;
- constructive solutions as bad choosing of material and lubricants;
- quality and characteristic of function environments (temperature, impurities);
- exploitation conditions – deviation from parameters those were set;

Between these factors, the geometrical and dimensional accuracy and surface roughness have a great influence on the bearings reliability.

With the purpose of analyzing and optimizing a technological process should be taken into consideration the following [3]:

- the great number of parameters which have an influence on the performances of the process which is analyzed;
- the occasional or circumstantial influence of some factors;
- the importance of the separate influence of different factors to the performances of the technological system;
- the impossibility to drive the most of the parameters in a desired direction.

The roughness of the radial ball bearings raceways has a great importance to their quality and durability. In the followings will be presented the theoretical and practical results obtained at the raceway superfinishing with abrasive stones of white aluminium oxide EK1 (for rough superfinishing) and silicium carbide SC9 (for fine superfinish).

2. MATHEMATICAL MODELS OF THE ROUGHNESS OBTAINED AT THE SUPERFINISHING OF BEARINGS RACEWAYS

The superfinish process has a lot of factors of influence. For designing the mathematical model, was analyzed the influence of the working parameters: the pressure of the superfinish stone, the oscillation frequency, the work piece rotation speed and the superfinish time.

It was done an experiment in which was made a variation for only one of the above factors, and then for another one, and for each trial were done about 8-10 measurements. The graphical dependences are illustrated in the figs.1-to 4.

With the support of a statistical program were calculated 11 regression curves (linear, quadric, logarithmic, cubic, exponential, inverse, power, logistic, compound, S, grow). Their equations are listed in Table 1.

table 1 Regression curves

Type of the curve	Equation
Linear	$Y = b_0 + b_1t$
Quadric	$Y = b_0 + b_1t + b_2t^2$
Logarithmic	$Y = b_0 + b_1 \ln t$
Cubic	$Y = b_0 + b_1t + b_2t^2 + b_3t^3$
Exponential	$Y = b_0 e^{b_1 t}$
Inverse	$Y = b_0 + b_1/t$
Power	$Y = b_0 e^{b_1 t}$
Logistic	$Y = 1/[1/u + (b_0)^{b_1 t}]$
Compound	$Y = b_0 b_1$
S	$\ln Y = b_0 + (b_1/t)$
Grow	$\ln Y = b_0 + (b_1 t)$

The work piece was the internal ball bearing ring 6203. The work piece were superfinished on a superfinish machine Thielenhaus KM 85.

2.1 Mathematical model of roughness influenced by the pressure of the honing stone

The observed curve from the figure 1 shows the experimental values. The best fit curve of regression was obtained for S-model ($R_{sq} = 0,885$).

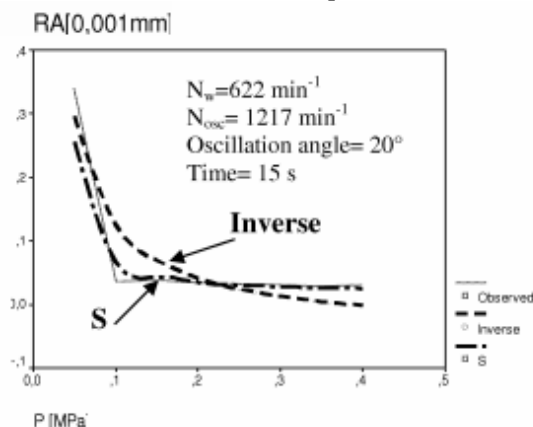


fig. 1 The influence of honing stone pressure to R_a .

$Sig = 0,000 < 0,005$, that means we can say with an error less than 5 % that the model is good.

The graphic from fig.1 shows that, at very low pressure values, R_a of the superfinished work piece is high. When the pressure grows, the roughness decreases very much.

The S-curve equation is:

$$\ln(R_a) = -4,0283 + \frac{0,0170}{p} \quad (1)$$

where R_a is the average surface roughness [μm] and p - the superfinish stone pressure [MPa].

2.2 Mathematical model of roughness influenced by the oscillation frequency of the honing stone

The graphics from fig.2 give the observed curve and the best regression curves (inverse, cubic, S). The best fit curve is the cubic curve of equation (2) which is obtained for $R_{sq} = 0,977$:

$$R_a = 0,0704 - 0,0002 N_{osc} + 1,7 \times 10^{-7} N_{osc}^2 - 5 \times 10^{-11} N_{osc}^3 \quad (2)$$

where R_a is the average surface roughness [μm], N_{osc} - the oscillation frequency of the stone [min^{-1}].

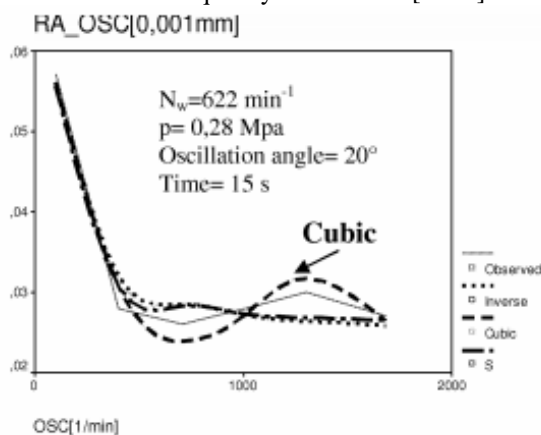


fig. 2 The influence of oscillation frequency on R_a .

2.3 Mathematical model of roughness influenced by the rotational speed of the workpiece

Between the work piece rotational speed (N_w) and the speed of the work piece (v_w) there is following relationship (3):

$$v_w = \frac{\pi N_w D_w}{1000} \quad (3)$$

where v_w is the speed of the work piece [m/min]; N_w - the rotational speed of the work piece [min^{-1}]; D_w - the diameter of the raceway [mm].

The graphics from Figure 3 give the observed curve and the best regression curves (quadratic and cubic) for the relationship between the average surface roughness and the work piece rotational speed.

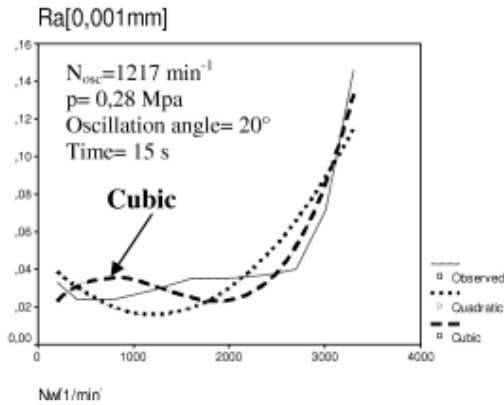


fig.3 The influence of work piece rotational speed on R_a .

The best fit curves is the cubic curve (4), which is obtained for $R_{sq} = 0,916$.

$$R_a = 0,01303 + 7,7 \times 10^{-5} N_w - 7 \times 10^{-8} N_w^2 + 1,8 \times 10^{-11} N_w^3 \quad (4)$$

where R_a is the average surface roughness [μm]; N_w – the work piece rotational speed [min^{-1}].

$Sig = 0,001 < 0,005$, that means we can say with an error less than 5 % that the model is good.

2.4 Mathematical model of roughness influenced by the superfinishing time

The graphics from fig. 4 show the observed curve and the best regression curves (inverse, cubic and S).

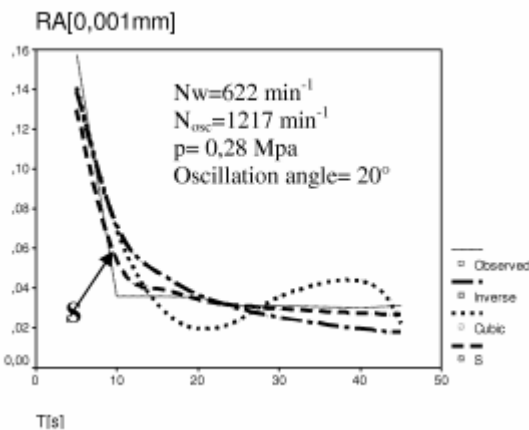


fig.4 The influence of the superfinishing time on R_a .

The best fit curve is the curve S of equation (5), which is obtained for $R_{sq} = 0,893$.

$$\ln R_a = -3,81997 + \frac{8,8934}{t} \quad (5)$$

where R_a is the average surface roughness [μm]; t – the superfinishing time [s].

$Sig = 0,000 < 0,005$, that means we can say with an error less than 5 % that the model is good.

3. CONCLUSIONS

1. As the stone pressure increases, the roughness of the surface is smaller, because the superfinish process is more intensive. When the pressure is bigger than 0,3-0,4 MPa, the roughness is not better. The stone clogs itself with metal chips. At very big pressure values, there is a great probability of breaking the stone [1], [4].

2. As the oscillation frequency increased, the average surface roughness decreased. the optimized values are 1000-1100 min^{-1} . When the oscillation frequency is too high, inertial forces are developed. These may cause vibrations and also a high wear of stone [1], [4].

3. When the work piece rotational speed increases, the average surface roughness increases, because of the smaller value of the traverse overlap ratio.

4. When the superfinish time increases, the quality of the surface is better, and hence the average surface roughness decreases. After a certain value is reached, the roughness remains almost stable. the peaks of the surface are cut down and now the stone is acting like a grinding stone, removing a quality of material from the work piece [2].

5. In analyze of every displacement point on the contact surfaces between the bearing rings and balls, tensions are dependent from the pressure distribution on the contact surface, and that are influenced by the bearing ratio obtained through superfinishing process.

6. To optimize analyze of bearings reliability it must taken into consideration the new theoretical models of machining through superfinishing proposed in [5], which explains the cutting fluid and impurities action that are sedimented in surface micro channels and that conduct to hardening of the surface layer on the depth of 1 μm .

References

1. **Balacescu, A., Buzatu, C.** Data base regarding the influence of cutting liquid to the dimensional accuracy to grinding bearing rings. In vol. "VIII National Symposium GTD -2003, 5-7 June, 2003.
2. **Balacescu, A., Buzatu, C.** The influence of cutting liquid on the dimensional quality of rings bearing at grinding and superfinishing. In: XIII International Conference, 6-7 may 2005, Suceava, Romania.
3. **Buzatu, C.** Contributions to the study of factors which have influence on the work piece accuracy obtained by turning and external grinding. Doctoral thesis, University of Brasov, 1981.
4. **Kalpajian, S.** Manufacturing engineering and Technology, Addison-Wesley Publishing house, Illinois Institute of Technology, 1995.
5. **Balacescu, A.,** Researches regarding the influence of cutting fluid son the accuracy of ring bearings at machining by grinding and superfinishing. Doctoral thesis, Transilvania University of Brasov, 2008.
6. **Caglar, M., Evans, R** Grinding fluid performance and characterization of wheel wear in grinding using electroplated CBN wheels. In: Abrasive magazine, August/September, 2002.
7. **Buzatu, C., Lepadatescu, B., Balacescu, A., Dumitrascu, A. E., Mihail, L. Ditu V, Enescu, I.** Theoretical and aplicative basis at machining by superfinishing. Publishing House Transilvania University of Brasov, 2009, ISBN 978-973-598-490-8.