

Българско списание за **Инженерно ПРОЕКТИРАНЕ**

брой №5, октомври 2010г.

ЦЕЛ И ОБХВАТ

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

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

Почетен председател

Л. Димитров, ТУ-София, България

Председател

Б. Григоров, ТУ-София, България

Членове

М. Георгиев	ТУ-София, България	К. Деметрашвили	ТУ, Тбилиси, Грузия
Д. Ралев	ТУ-София, България	С. Симеонов	ТУ, Бърно, Чехия
Г. Дюкенджиев	ТУ-София, България	В. Иванов	Одески национален политехнически университет, Украйна
М. Денчев	ТУ-София, България	А. Янакиев	Nottingham Trent University, UK
И. Малаков	ТУ-София, България	Н. Чернев	University of Auvergne, France
П. Петров	ТУ-София, България	V. Lepadatescu	Transilvania University of Brashov, Romania
В. Панов	ТУ-София, България	N. Zrnic	University of Belgrad, Serbia
М. Георгиев	ТУ-София, България	M. Jovanovic	University of Nish, Serbia
В. Спасов	ВТУ "Т. Каблешков", София, България	D. Michalopoulos	University of Patras, Greece

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; **Дизайн на корицата:** Радослав Козарев

Bulgarian journal for **Engineering Design**

issue №5, october 2010

AIM AND SCOPE

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

EDITORIAL BOARD

Honorable chairman

L.Dimitrov, TU-Sofia, Bulgaria

Chairman

B.Grigorov, TU-Sofia, Bulgaria

Members

M.Georgiev	TU-Sofia, Bulgaria	K.Demetrashvili	TU, Tbilisi, Georgia
D.Ralev	TU-Sofia, Bulgaria	S.Simeonov	TU, Brno, Czech Republic
G.Diukendzhiev	TU-Sofia, Bulgaria	V.Ivanov	Odessa national university, Ukraine
M.Denchev	TU-Sofia, Bulgaria	A.Ianakiev	Nottingham Trent University, UK
I.Malakov	TU-Sofia, Bulgaria	N.Chernev	University of Auvergne, France
P.Petrov	TU-Sofia, Bulgaria	B.Lepadatescu	Transilvania University of Brashov, Romania
V.Panov	TU-Sofia, Bulgaria	N.Zrnic	University of Belgrad, Serbia
M.Georgiev	TU-Sofia, Bulgaria	M.Jovanovic	University of Nish, Serbia
V.Spasov	UT "T. Kableskov", Sofia, Bulgaria	D.Michalopoulos	University of Patras, Greece

Editor

R.MITREV, TU-Sofia, Bulgaria

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

СЪДЪРЖАНИЕ

Динамична симулация на асансьорен ограничител на скоростта	5
Б.Григоров, Г.Илиев	
DATABAR – Нови възможности за маркиране с баркод	11
Ц.Братанова, Х.Содев	
Изследване на предпазно устройство-захващащ механизъм за асансьори	17
П.Давидов, Г.Илиев	
Зеленият град на технологията	21
Р.Козарев, Л.Богданов, И.Георгиев, Р.Велинов	
Особености на моделирането на електромеханични микросистеми със съсредоточени параметри	29
И. Иванов, Т.Тодоров, Р.Николов	
Експериментално изследване на хидромеханичната система на товароподемен манипулатор	35
Р.Груйчев, Р.Митрев, Б.Григоров	
Прогнозиране на параметрите на логистична техника	43
Н.Казаков, А.Николов	
Системи за класификация в машиностроенето	51
М.Клочкова, Л.Димитров	
Методика за определяне на престоя на транспортни средства в гаров контейнерен терминал с отчитане на случайния характер на процесите	63
С.Мартинов	
Изчислителни методи, комбинации и натоварвания при якостни пресмятания на метални кранови конструкции	69
Н.Коцев, Е.Грънчаров, Л.Лазов	
Твърдения в теорията на евристичното програмиране	77
М.Лепаров	
Очерк об истории развития мощных одноковшовых гидравлических экскаваторов в России: обзор, анализ и перспективы	89
П.Побегайло	
Аналитично представяне на критерия за минимално сумарно междуосово разстояние на двустъпален цилиндричен редуктор	109
А.Узунов	
Кинематично моделиране на шарнирно-лостови механизми на строителни машини	115
Р.Митрев	

CONTENTS

Dynamic simulation of an overspeed elevator governor	5
B.Grigorov, G.Iliev	
DATABAR – New opportunities for barcode marking	11
Tz.Bratanova, Ch.Sodev	
Research of safety device – safety gear in elevators	17
P.Davidov, G.Iliev	
Green city of technology	21
R.Kozarev, L.Bogdanov, I.Georgiev, R.Velinov	
Pecularity of modeling of lumped electromechanical microsystems	29
I.Ivanov, T.Todorov, R.Nikolov	
Experimental study of the hydromechanical system of loadlifting manipulator	35
R.Gruichev, R.Mitrev, B.Grigorov	
Forecasting the parameters of logistic equipment	43
N.Kazakov, A.Nikolov	
Classification systems in mechanical engineering	51
M.Klochkova, L.Dimitrov	
Methodology for determining the downtime of vehicles in container terminal condidering the random nature of processes	63
S.Martinov	
Computational methods, combinations and loads in the strength calculations of crane steel structures	69
N.Kotzev, E.Grantcharov, L.Lazov	
Some statements in the theory of heuristic design	77
M.Leparov	
An essay about development of mining hydraulic excavators in Russia:review, analysis and perspectives	89
P.Pobegailo	
Analytical presentment of the criterion for minimum center distance of two stage gear reducer..	109
A.Uzunov	
Kinematical modeling of working equipment of construction machines	115
R.Mitrev	

ДИНАМИЧНА СИМУЛАЦИЯ НА АСАНСЬОРЕН ОГРАНИЧИТЕЛ НА СКОРОСТТА

Божидар ГРИГОРОВ¹ Георги ИЛИЕВ²

¹катедра „Инженерна логистика, подемно-транспортна и строителна техника”, Технически университет - София, България, e-mail: b.grigorov@tu-sofia.bg

²катедра „Инженерна логистика, подемно-транспортна и строителна техника”, Технически университет - София, България, e-mail: giliev@tu-sofia.bg

Резюме: Ограничителят на скорост при асансьорите представлява добре известно механично устройство предназначено да извършва спиране и застопоряване на кабината при превишаване зададената скоростна движение в една от двете посоки. Това устройство използва принципа на плъзгане на кобилица по въртяща се гърбица със специален профил. Скоростта на въртене на гърбицата се определя от скоростта на кабината на асансьора. Когато кабината достигне определена скорост, кобилицата бива изхвърлена, което заключа механизма и издърпва стопиращите клинове на асансьора. Целта на представената статия е да се изведат аналитични зависимости описващи движението на кобилицата и позволяващи динамична симулация на процеса. Подобна симулация дава възможност за анализ и определяне на величините на влияещите параметри още на фазата на конструиране, но също така и възможност за преглед и прецизна настройка на съществуващи конструкции регулатори. Разглежданията са извършени върху съществуващ регулатор с оглед търсене на експериментално потвърждение на резултатите.

Ключови думи: асансьор, ограничител на скоростта, динамична симулация

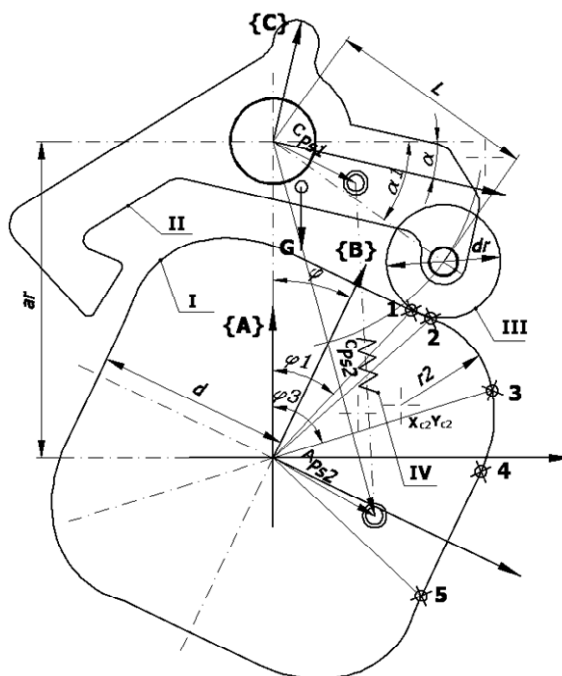
1. ВЪВЕДЕНИЕ

Ограничителят на скорост при асансьорите представлява добре известно механично устройство предназначено да извършва спиране и застопоряване на кабината при превишаване зададената скоростна движение в една от двете посоки.

Схематично такъв регулатор е показан на фиг.1. Основната част от устройството се състои от кобилица II завършваща с ролка III, която ролка се притиска към гърбица I със специален профил посредством пружина IV. Гърбицата се върти с определена скорост, в синхронизирана със скоростта на движение на кабината. Устройството действа на центробежен принцип, при което превишената ъглова скорост на гърбицата изхвърля кобилицата и нарушава контакта между ролката и нея. При това положение кобилицата описва траектория зависеща от пружинната сила и началната скорост на изхвърляне и може да зацепи в специални зъби, спирайки въртенето и издърпвайки по този начин стопиращите клинове на асансьора.

Проблемът със симулиране работата на ограничителя на скорост не е разглеждан теоретично. Обикновено избор на профил за гърбицата, както

и настройките на апарата се извършват експериментално, на базата на предварително натрупан опит.



фиг.1 Ограничител на скоростта - означения

Цел на настоящата разработка е да се направят теоретични изследвания, и симулация на процеса даваща възможност за анализ и определяне на величините на влияещите параметри още на фазата на конструиране.

Подобна симулация позволява също така преглед и прецизна настройка на съществуващи конструкции ограничители. Разглежданията в настоящата статия са извършени върху съществуващ регулатор с оглед търсене на експериментално потвърждение на резултатите.

2. ГЕОМЕТРИЧНО РЕШЕНИЕ

Ще извършим изследване на движението на гърбицата при следните условия:

- Профилът на гърбицата на изследваната конструкция се състои от три дъги с различни радиуси и линейна част. Отделните компоненти на профила са допирателни един към друг.

- Параметрите на профила (координатите на центровете на дъгите и техните радиуси, както и разстоянието от линейния сегмент до центъра на ротация) са известни.

- Профилът на гърбицата се повтаря през 90° .

- Известни са масовите инерционни характеристики на кобилицата (като сглобена единица), като и параметрите на пружината (точки на окачване, пружинна константа).

При това положение, движението на кобилицата при нормални условия на работа се определя от движението без приплъзване на ролката по профила на гърбицата или ъгълът на завъртане на кобилицата е функция на положението (ъгъла на завъртане на гърбицата). Подобна зависимост е твърде сложна за да бъде потърсена в затворена форма. Ето защо ще извършим аналитично разглеждане водещо до числено решение на проблема, още повече, че работим с действителни конструкции. Тук особено удобни се оказват използването на векторна форма и трансформации между локални координатни системи в равнината [1]. Въвеждаме три такива (фиг. 1):

- Система {A} – неподвижна, с начало в центъра на ротация на гърбицата, служеща като основна система на отчитане;

- Система {B} – с начало, в центъра на ротация на гърбицата и ротираща заедно с нея.

Връзката между двете системи е ъгълът на ротация на гърбицата φ .

- Система {C} – с начало, в центъра на ротация на кобилицата и движеща се заедно с нея. Основният параметър на системата {C} е ъгълът α .

Ще направим още следните означения (фиг. 1): φ - текущ ъгъл на завъртане на гърбицата; α - текущ ъгъл на завъртане на кобилицата; L – рамо на кобилицата; ar – разстояние на окачването на кобилицата (между началата на системите {A} и {C}); d_r, r_r - диаметър (радиус) на ролката; d – разстояние от центъра на ротация до правия участък на профила; r_1, r_2, r_3 - радиуси на първата, втората и третата дъги; ${}^B P_{ci}$ $i=1,3$ позиционни вектори на центровете на дъгите изразени в системата {B}.

По-нататък трябва да табулираме $\alpha=f(\varphi)$ при изменение на φ в рамките на ъгъл $0 \leq \varphi \leq \pi/2$. Очевидно е, че движението на гърбицата се определя от движението по четири участъка, като граничните точки на тези участъци (точките 1 – 5 от фиг. 1) представляват точките на допиране между компонентите на профила. За да определим граничните ъгли на завъртане на гърбицата ще приложим идентична техника за всяка една от тях.

Трябва да отбележим, че в положението, при което ролката се допира до допирателната точка между правата и първата окръжност (точка 1), координатите на центъра на ролката са известни в системата {B}. Тук граничният ъгъл на завъртане на гърбицата заема стойност φ_1 .

$${}^B x_r = x_l; {}^B y_r = d + r_r. \quad (1)$$

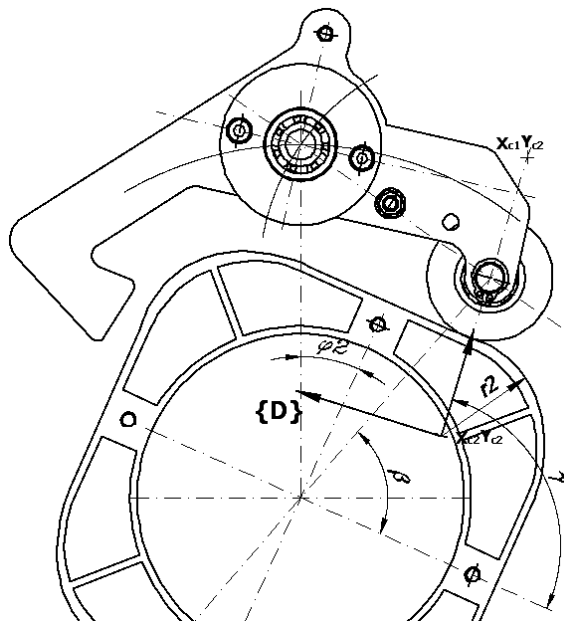
Съответно известни са големината и направлението на позиционния вектор или:

$$\beta = a \tan 2({}^B y_r, {}^B x_r) \quad (2)$$

$$l = \sqrt{({}^B x_r)^2 + ({}^B y_r)^2}. \quad (3)$$

Точката на ротация на кобилицата, която може да ни даде направлението на вертикалната ос на системата {B} и от там ъгъла на завъртане се дефинира като пресечна точка (x_k, y_k) на окръжност с център в началото на системата {A} и радиус ar и окръжност с център в центъра на ролката и радиус L . Пресечните точки на две

окръжности се намират най-лесно в координатна система {D} с начало в центъра на първата от тях и ос x минаваща през центъра на втората. В конкретния случай {D} е получена чрез ротация на системата {B} на ъгъл β (фиг. 2). Тук се възползваме от координатната система {D} и при обратната трансформация получаваме:



фиг.2 Определяне на граничните точки

$${}^D x_k = \frac{ar^2 + l^2 - L^2}{2l^2}; \quad {}^D y_k = \sqrt{ar^2 - ({}^D x_k)^2} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} {}^B x_k \\ {}^B y_k \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\beta & -\sin\beta & 0 \\ \sin\beta & \cos\beta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} {}^D x_k \\ {}^D y_k \\ 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

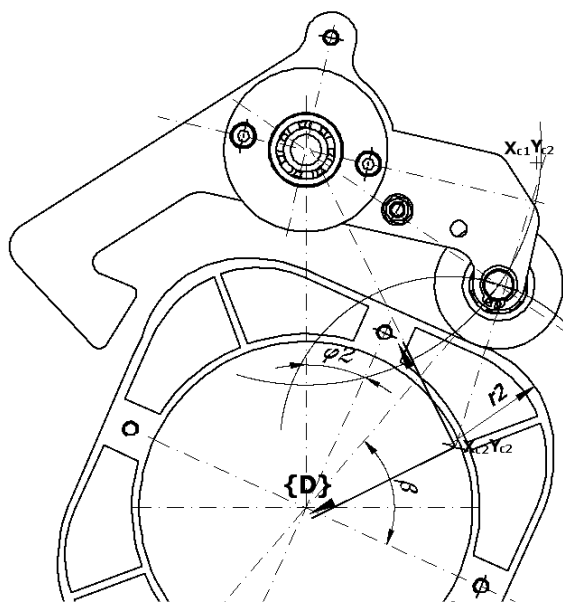
$$\phi_1 = \text{atan2}({}^B y_k, {}^B x_k) \quad (6)$$

При определянето на допирната точка между първата и втората дъги трябва да имаме предвид, че центровете на двете дъги както и този на ротация на ролката лежат на една права (фиг. 2). Положението на центъра на ролката е познато в координатна система {D} с начало в центъра на втората дъга и ос x минаваща през него. Координатите му в системата {B} се определят от зависимостите:

$$\gamma = \text{atan} 2({}^B y_{c1} - {}^B y_{c2}, {}^B x_{c1} - {}^B x_{c2}) \quad (7)$$

$$\begin{bmatrix} {}^B x_r \\ {}^B y_r \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\gamma & -\sin\gamma & {}^B x_{c2} \\ \sin\gamma & \cos\gamma & {}^B y_{c2} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_2 + r_r \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

По-нататък можем да приложим формулите (4), (5) и (6) за определяне на втория граничен ъгъл.



фиг.3 Табулиране на функцията

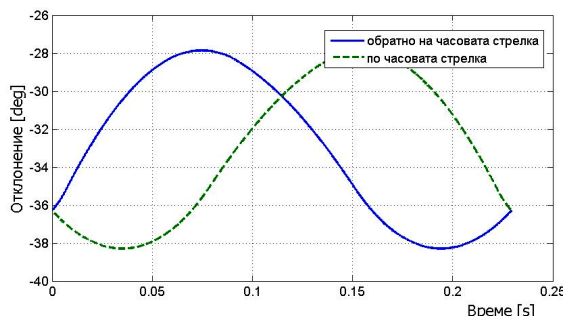
Пресмятайки граничните ъгли ϕ_1 до ϕ_4 ($\phi_5 = \phi_1 + \pi$) ние сме в състояние да табулираме функцията на изменение на ъгъла на наклона на гърбицата в зависимост от ъгъла на завъртане на ролката ϕ . За този цел ще използваме техника аналогична на описаната по-горе. При движение на ролката по определена дъга, положението на нейния център се определя като пресечна точка на окръжност в центъра на дъгата и радиус равен на $r_i + r_r$ и окръжност с център в началото на системата {C} и радиус равен на L (фиг.3). Пресечните точки ще намерим в координатна система {D} с начало в центъра на дъгата и ос x минаваща през началото на системата {C}. За тази цел координатите на центъра на дъгата се изразяват в системата {C} чрез трансформацията:

$$\begin{bmatrix} {}^C x_{ci} \\ {}^C y_{ci} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\varphi & -\sin\varphi & 0 \\ \sin\varphi & \cos\varphi & -ar \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} {}^B x_{ci} \\ {}^B y_{ci} \\ 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

където φ представлява текущия ъгъл на завъртане на гърбицата. По-нататък можем да приложим формули (4), (5) и (6) за пресмятане на пресечните точки в системата $\{C\}$ и от там ъгъла на наклона на гърбицата.

3. ДВИЖЕНИЕ НА КОБИЛИЦАТА

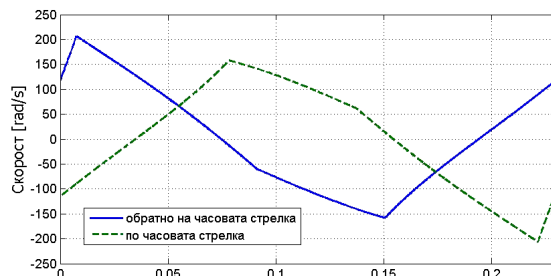
При работна скорост на асансьора кобилицата следва профила на гърбицата поради силата на притискащата пружина. фиг.4 представя графика на движението на кобилицата при завъртане на ъгъл $\pi/2$. Приемайки движението на гърбицата с равномерна известна скорост и задавайки определен интервал на нарастване $\Delta\varphi$, ние можем да преминем към табулиране по отношение на времето. При достатъчно малък интервал на нарастване е възможно числено диференциране на функцията и намиране скоростта на кобилицата. Последната е представена на фиг.5 за двете посоки на въртене на гърбицата.



фиг.4 Отклонение на кобилицата при движение по профила

Очевидно е, че кобилицата ще бъде изхвърлена с възможност да заклини механизма в моментите, когато ѝ е съобщена максимална положителна ъглова скорост. В такъв случай движението на кобилицата се извършва под действието на началната скорост, нейното тегло и силата на притискащата пружина и се описва от диференциално уравнение записано във векто-

рен вид, като компонентите са изразени в системата $\{C\}$:



фиг.5 Скорост на кобилицата при движение по профила

$$\ddot{\alpha} = \frac{-{}^C \mathbf{P}_{s1} \times {}^C \mathbf{F} + {}^C \mathbf{P}_G \times {}^C \mathbf{G}}{J}$$

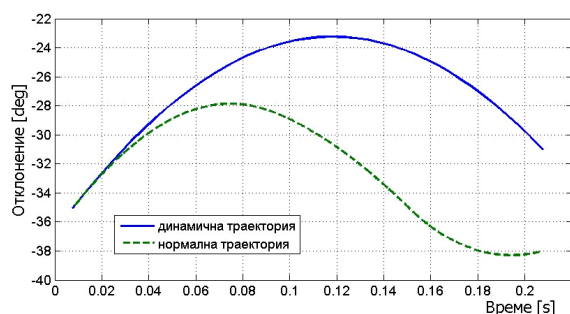
$${}^C \mathbf{F} = \left(|{}^C \mathbf{P}_{s2} - {}^C \mathbf{P}_{s1}| - L_0 \right) \cdot c_s \cdot \begin{bmatrix} {}^C \mathbf{P}_{s2} - {}^C \mathbf{P}_{s1} \\ |{}^C \mathbf{P}_{s2} - {}^C \mathbf{P}_{s1}| \end{bmatrix} \quad (10)$$

$${}^C \mathbf{G} = {}^C R_A \cdot \mathbf{G} = {}^C R_A \cdot [0 \quad -mg]^T$$

където: J – масов инерционен момент на кобилицата; ${}^C \mathbf{P}_{s1}$, ${}^C \mathbf{P}_{s2}$ – вектори на окачване на пружината изразени в системата $\{C\}$ (фиг.1); L_0 , c_s – начална дължина и пружинна константа на притискащата пружина; ${}^C \mathbf{G}$ – тегло на кобилицата изразено в системата $\{C\}$. Тъй като този вектор се описва най-лесно в системата $\{A\}$, то той трябва да бъде трансформиран в $\{C\}$ чрез ротационната матрица; ${}^C \mathbf{P}_G$ – вектор на масовия център на кобилицата.

Уравнението (10) се решава числено, тъй като векторните величини са трансцендентни функции на завъртането. Началните условия тук са: $t = t_0 \mid \alpha = \alpha_0, \omega = \omega_{\max}$ и задават текущото завъртане на кобилицата при положението на съобщаване на максимална скорост, както и големината на тази скорост, отчетени от диаграмата на фиг.5. Отклонението на кобилицата (ъгъл $\alpha(t)$) е представено на фиг. 6. На същата графика е показано и движението по нормална следваща профила траектория). Очевидно е, че при еднакви други условия, желаната траектория може да се получи при изменение на пружинната сила

(пружинната константа), което е свързано с настройката на механизма.



Фиг.6 Отклонение на кобилицата при движение по профила

4.ЗАКЛЮЧЕНИЯ И ИЗВОДИ

- Изведени са аналитични зависимости позволяващи динамична симулация на движението

на кобилицата при ограничител на скоростта за асансьори.

- Подобна симулация позволява да са определи влиянието на отделните параметри влияещи върху движението на кобилицата – профила на гърбицата, пружинната константа и окачването на пружината и пр.

- Симулацията може да бъде използвана за прецизен избор и настройка на пружинната сила при съществуващите конструкции.

- При изследваната конструкция се забелязва разлика в скоростта и положението на изхвърляне при движение в двете посоки, което налага изменение на профила за избягване на този недостатък.

Литература

1.Rogers D., Adams A.: Mathematical Elements for Computer Graphics, McGraw-Hill Int. Editions, 1990.

DYNAMIC SIMULATION OF AN OVERSPEED ELEVATOR GOVERNOR

Bojidar GRIGOROV¹ Georgi ILIEV²

¹Department Engineering Logistics, Material Handling and Building Equipment, TU- Sofia, Bulgaria, e-mail: b.grigorov@tu-sofia.bg

²Department Engineering Logistics, Material Handling and Building Equipment, TU- Sofia, Bulgaria, e-mail: giliev@tu-sofia.bg

Abstract: The overspeed elevator governor is a safety mechanical device used to stop the installation when a preset exceeding of the car speed occurs. This device utilizes the principle of a rocker sliding along the rotating cam with special profile. The speed of the cam rotation is determined by the cabin speed. Thus, when a car reaches preset (tripping) speed, the cam profile will eject the rocker which locks the mechanism. This governor locking will drive the safety gear and will stop the car movement. The aim of the present article is to derive analytical dependences describing the cam motion which allows simulating the process. This will help analyze the effect of all influencing factors and optimize the design. Such simulation will also give possibilities for inspection and precise set up of existing devices. Relations represented in this article are derived using a particular governor, seeking experimental confirmation of the results on later stages.

Keywords: passenger lifts, overspeed governor, dynamic simulation

DATAVAR – НОВИ ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА МАРКИРАНЕ С БАРКОД

Цветя БРАТАНОВА¹ Христо СОДЕВ²

¹катедра „Инженерна логистика, подземно-транспортна и строителна техника”, Технически университет –София, България, e-mail: tz_bratanova@tu-sofia.bg

²Съвет GS1 България към БТПП
e-mail: gs1bg@gs1bg.org

Резюме: В работата са представени технически характеристики и различни функционалности на фамилията баркод символи DataVar. Със схеми са показани варианти на универсална идентификация и маркиране с баркод на продукти с променливо тегло.

Ключови думи: баркод, променливи тегла, идентификация;

1. ВЪВЕДЕНИЕ

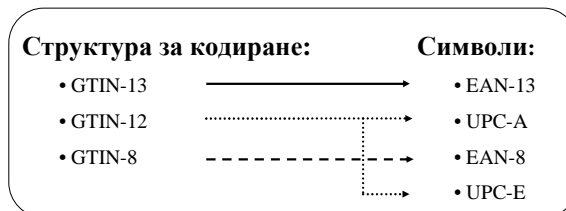
Върху почти всеки артикул в търговската мрежа, може да бъде установено присъствието на баркод. Той позволява бързо и лесно прочитане, което дава възможност за по-бързо обслужване на клиентите на касите в точките на продажба и така увеличава пропускателната способност на търговския обект. Баркодове масово се използват за следене на складови наличности и обработка на върнати стоки. В повечето случаи баркод символа, който се поставя върху потребителските опаковки е във формата EAN-13, а с него се кодира или глобален номер на търговската/потребителската единица GTIN (Global Trade Item Number), валиден в цял свят или локален номер, валиден единствено и само в съответния търговски обект, верига или фирма.

Настоящата работа има за цел да представи модели за универсално маркиране на продукти с променливо тегло (като месо, птичи продукти и опаковани малотрайни продукти), за които сега се използва само маркиране с вътрешни номера на търговеца, както и кодиране на допълнителна информация за тегло, цена, срок на годност, партида и други, която понастоящем се изписва в текстов вид и не позволява да бъде сканирана и автоматично въведена в компютърната система.

2. УНИВЕРСАЛНА ИДЕНТИФИКАЦИЯ И МАРКИРАНЕ С БАРКОД НА ПРОДУКТИ С ФИКСИРАНО СЪДЪРЖАНИЕ

Първите баркодове, като средство за автоматична идентификация и въвеждане на данни, са

създадени в САЩ и патентовани през 1949 г. Маркирането с баркод се разпространява в търговските обекти в резултат на необходимостта за подобряване качеството и бързината на обслужване на клиентите на касите и минимизиране броя на грешките. Използването на баркодове осигурява автоматична обработка на данните от маркираните артикули. За пръв път стока е маркирана с баркод и сканирана на касата в супермаркет Marsh's в Трой, Охайо, през 1974 г. Продуктът е пакетче дъвки Wrigley's Juicy Fruit [8]. Днес, повече от 35 години след това историческо събитие, стандартизираните баркодове се използват в над един милион фирми, в 150 страни по света в различните браншове.



фиг. 1 Структури на кодиране

За целите на неограничената дистрибуция и универсална идентификация на артикули с фиксирано съдържание, предназначени за сканиране на касите в точките на продажба, се използват Глобални номера на търговската единица GTIN по стандартите GS1, които в зависимост от структурата на номера се кодират с EAN-8, UPC или EAN-13 баркод символи (фиг. 1). GTIN се състои от фирмен префикс, референтен номер и контролна цифра. Съставянето на пълните номера

GTIN се извършва от фирмата притежател на търговската марка, на база предоставения от съответната GS1 Национална организация фирмен префикс.

3.ИДЕНТИФИКАЦИЯ И МАРКИРАНЕ С БАРКОД НА ПРОДУКТИ С ПРОМЕНЛИВО СЪДЪРЖАНИЕ

Универсалните номера GTIN не съдържат информация за тегло или цена, а форматите представени на фиг. 1 не позволяват да се кодира едновременно допълнителна информация и универсален идентификационен номер GTIN. Засега, при продукти с променливи тегла, в търговските вериги се използва система за локално кодиране с вътрешни номера (собствена номенклатура). Кодираната информация съдържа следните компоненти:

20(...29)	X X X X X	X X X X X	C
Префикс за локално кодиране	Вътрешен номер на фирмата (5 разряда)	Поле за тегло или цена (5 разряда)	Контр. цифра

фиг.2 Локално кодиране с вътрешни номера

Всяка търговска верига може да изгражда и поддържа вътрешна номенклатура за кодиране на артикулите. Тя я предоставя на своите доставчиците (производители и дистрибутори) за всяка стока, съответно.

Получената цифрова комбинация, съставена по формата, представен на фиг. 2, се кодира със символ EAN-13. Подобно решение не е универсално и принуждава производителите да поддържат различни номера за един и същи артикул, в зависимост от това, за коя търговска верига е предназначен.

Маркираните с номер от вътрешната номенклатура на търговската верига артикули, трябва да бъдат доставени единствено и само на тази търговска верига. Това изисква много внимателно планиране от страна на производителя (в който момент, коя партида и за кой клиент да пусне за производство) и силно намалява гъвкавостта му по отношение изпълнението на поръчки от различни търговски вериги.

В случай, че една партида бъде пренасочена към друга верига, се налага преetikетиране, което се извършва или от производителя или на място, в търговския обект.

В допълнение, кодираната в EAN-13 информация е недостатъчна. Необходими са допълнителни данни, изисквани от нормативната база, както и за осигуряване на проследимост на стоките и гарантиране безопасността на потребителите, така и за съвременните информационни търговски системи, които автоматично изготвят отчети, анализи и прогнози.

4.DATABAR–ТЕХНИЧЕСКИ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ФУНКЦИИ И ПРЕДИМСТВА

GS1 DataBar представлява стандартизирани по системата GS1 баркодове RSS (Reduced Space Symbology или символи с редуцирана площ). Символите са представени подробно в стандарта ISO/IEC 24724, както и в „Основната спецификация“ на GS1 [5,7]. За да удовлетвори изискванията за различни функционалности, линейната символика GS1 DataBar е разработена в 3 основни структурирани групи [3,10]:

- 1) GS1 Databar (RSS-14)
 - GS1 Databar Omnidirectional
 - GS1 Databar Stacked Omnidirectional
 - GS1 Databar Truncated
 - GS1 Databar Stacked
- 2) GS1 Databar Expanded (RSS Expanded)
 - GS1 Databar Expanded
 - GS1 Databar Expanded Stacked
- 3) GS1 Databar Limited (RSS Limited)
 - GS1 DataBar Limited.

Групите GS1 DataBar (RSS-14) и GS1 DataBar Limited кодират само Глобален номер на търговската единица GTIN с приложен идентификатор ПИ (01) на по-малко място в сравнение с EAN-13 (табл. 2).

Символите GS1 Databar Expanded са с различна дължина и височина и могат да кодират до 74 цифрови или 41 буквени знака, тоест различни видове данни към основната идентификация, напр. тегло, сериен номер, номер на партида, срок на годност и др., които са указани с приложни идентификатори.

Приложният идентификатор GS1 представлява две до четири цифрена комбинация, която

указва формата и значението на данните, които са записани след него. Дефинирани са 100 различни приложни идентификатора с различно съдържание. DataBar има същите характеристики като EAN-128 (с ново име GS1-128), с тази разлика, че символите могат да бъдат прочетени на касата. За указване на GTIN при кодиране с DataBar се използва приложен идентификатор ПИ (01). По отношение на допълнителните атрибути по-често използваните приложни идентификатори са посочени в табл. 1.

табл. 1 Приложни идентификатори






10	Партиден номер
11	Дата на производство
12	Годно до
13	Дата на пакетиране
15	Най-добро преди дата
17	Срок на годност
21	Сериен номер
310(n)	Него тегло
422	Страна на произход

5. СЪВМЕСТИМОСТ НА СКЕНЕРИТЕ ЗА РАБОТА С DATABAR

DataBar е линейна символика, която скенери от по-старата генерация не могат да прочетат. Повечето скенери, които са произведени след 1998 година могат да бъдат програмирани за разпознаване и сканиране на DataBar. След 2001 година в повечето скенери е инсталирана фамилията символи GS1 DataBar и е необходимо само да бъде активирана [4]. Въвеждането на символиката в експлоатация предполага и надграждане на използваните информационни системи. Това е допълнителна инвестиция, която се компенсира от множеството предимства и преки ползи, свързани с използването на тази технология. Внедряването на символиката е свързано с:

- Пренастройване или смяна на скенери там, където се сканират търговски единици;
- Надграждане на използваните приложения за да обработват допълнителните данни;
- Създаване на условия за он-лайн печат;
- Промени в маркетинг комуникациите и обучение;
- Промяна на опаковките;
- Пренастройване на теглилки и печатни устройства в зоните за малотрайните продукти,
- Въвеждане на системата за проследимост.

табл.2 Технически параметри на някои символи DataBar в сравнение с EAN-13

Баркод символ	Ширина на модула X	Размери (l,h)	Ширина мм	Височина мм
EAN 13 	0,264 мм		29,83	20,38
DataBar 	0,25 мм	96X, 33X	24	8,25
DataBar stacked Omni 	0,25 мм	50X, 69X	12,5	17,5
DataBar Expanded 	0,25 мм	(102:534)X, 34X	37,75	8,5
DataBar Expanded Stacked 	0,25 мм	L, (2:11)*34X	25,5	

6. ПРИМЕРНИ СХЕМИ ЗА УНИВЕРСАЛНО МАРКИРАНЕ НА ПРОДУКТИ С ПРОМЕНИЛИВИ ТЕГЛА

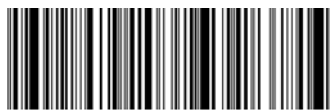
Според нормативните изисквания за информацията, съдържаща се върху етикета на храни-

телните продукти е необходимо еднозначно да се посочи производителя на стоката, както и да се укаже информация за теглото, нетното количество, партидата, срока на минимална трайност и други [1]. Кодирането на тези данни и последващата им автоматична обработка са в полза на производителите и търговците и по отношение на изискването да „етикетират и/или маркират храните по начин, който улеснява проследимостта им” [2].

В отговор на тези изисквания и в подкрепа на системата от стандарти GS1 може да се посочи, че GTIN сам по себе си еднозначно идентифицира самия артикул като отделна единица, а за кодирането и разшифроването на атрибутите системата разполага с подходящите приложни идентификатори. Стандартите за автоматична идентификация GS1 се използват успешно от производители и търговци по цял свят повече от 35 години. Новата символика дава възможност за разширяване приложението на системата, като се предлага универсално решение за маркиране на продукти и с променливи тегла.

Символ GS1 Databar Expanded позволява кодиране на Глобален номер на търговската единица и на променливо тегло, схема 1.

GTIN+тегло



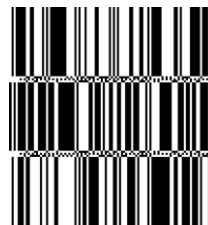
(01)9380005850018(3103)000150

сх. 1: кодиране на глобален номер и тегло

GS1 Databar Expanded Stacked е стифирана версия на GS1 Databar Expanded (табл.2), може да се сканира на каса и позволява кодиране на данни в два до единадесет реда. Освен кодирането на допълнителна информация към основната идентификация, съществено предимство на този баркод символ е малката площ, която заема. При комбиниране на определени данни се наблюдава допълнително компресиране в символа.

Международната асоциация GS1 и Националните организации GS1 в различните страни са разработили инструкции за въвеждане на DataBar. Масово внедряване на символиката е планирано през 2014 година [6,9].

GTIN+партида+тегло



(01)9380005850018(10)L021010
(3103)000150

сх. 2: кодиране на глобален номер, партида и тегло

GTIN+дата+тегло



(01)9380005850018(15)110121
(3103)000150

сх. 3: кодиране на глобален номер, дата „най-добро до” и тегло

7.ЗАКЛЮЧЕНИЕ

DataBar е подходящ способ за универсално маркиране с баркод на продукти с променливи тегла. Освен еднозначна идентификация на доставчика и продукта, валидна по цялата верига на снабдяване, кодирането на допълнителна информация с помощта на версиите Expanded предоставя нови възможности за системите за управление и автоматично въвеждане на данни, които до момента не са използвани:

- Еднозначно идентифициране на доставчика;
- Кодиране на допълнителна информация за нуждите на автоматичната обработка на данни;
- Управление на групи артикули;
- Контрол на продукти, върху които не може да се постави стандартен баркод поради размера на опаковката;

- По-добър контрол на наличностите, кражбите и рекламациите;

- По-добър контрол на продукти с изтичащ срок на годност.

Въвеждането на DataBar ще гарантира спазването на законовите изисквания и реализирането на ефективни системи за проследимост, необходимо на търговците и производителите, за да могат да удовлетворят изискванията на своите клиенти и контролните органи.

Литература

1. Наредба за изискванията за етикетирането и представянето на храните, чл. 6
2. Закон за храните, Чл. 21а (3)
3. GS1, GS1 DataBar 2010: Business Case, 2007

4. GS1, GS1 DataBar Ready Scanners (Datalogic, Hand Held Products, DENSO WAVE, Metrologic, NCR, Symbol Motorola)

5. GS1 General Specification, Version 10, Jan. 2010

6. GS1 Austria, GS1 im Frischebereich Brouschure

7. ISO/IEC 24724:2006, Automatic identification and data capture techniques -- Reduced Space Symbology (RSS) bar code symbology specification

8. <http://www.google.co.uk/search?q=barcode+history>, Посетен на 07.09.2010 г.

9. http://www.gs1us.org/DesktopModules/Bring2mind/DMX/Download.aspx?EntryId=1115&Command=Core_Download&PortalId=0&TabId=73, Посетен на 21.09.2010 г.

10. <http://www.gs1.org/barcodes/databar/implement>, Посетен на 26.09.2010

DATABAR- NEW OPPORTUNITIES FOR BARCODE MARKING

Tzveta BRATANOVA¹ Christo SODEV²

¹Logistics engineering department, Technical University-Sofia, Bulgaria

e-mail: tz_bratanova@tu-sofia.bg

²GS1 Bulgaria

e-mail: gs1bg@gs1bg.org

Abstract: This article presents the technical characteristics and functionalities of bar-code family symbols DataBar. The charts in the article show variants of unique identification and barcode marking of variable weight items.

Keywords: Barcode, variable weight, identification;

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРЕДПАЗНО УСТРОЙСТВО – ЗАХВАЩАЩ МЕХАНИЗЪМ ЗА АСАНСЬОРИ

Павел ДАВИДОВ¹ Георги ИЛИЕВ²

¹катедра „Инженерна логистика, подемно-транспортна и строителна техника”, Технически университет - София, България, e-mail: pdavidoff@abv.bg

²катедра „Инженерна логистика, подемно-транспортна и строителна техника”, Технически университет - София, България, e-mail: giliev@tu-sofia.bg

Резюме: Бурното строителство през последните няколко години, и последвалата криза изостри конкуренцията и принуди производителите на асансьори да заменят внасяните от чужбина устройства за безопасност със съответните родно производство. За тяхната сигурна и безопасна експлоатация е от съществено значение спазването на хармонизираният стандарт БДС EN81, съгласно който се предвиждат типови лабораторни изпитвания на всички предпазни устройства монтирани в асансьорите. Целта на настоящата разработка е да се изследват физическите параметри на захващащите механизми за създаване на теоретична методика за пресмятане и оптимизиране на захващащи механизми (каквато до момента не е налична), която да бъде потвърдена експериментално.

Ключови думи: асансьор, захващащ механизъм, изпитване, стандарт, сигурност, безопасност

1. ПРЕДВАРИТЕЛНО ПРОУЧВАНЕ

Конструирането на захващащ механизъм не е лесна задача. Липсата на водеща методика затруднява конструкторите. Едно от решенията е "копирането" на работещ образец. В този случай често някои от параметрите са непропорционално подбрани и се получава голяма пластична деформация в релсата или клина.

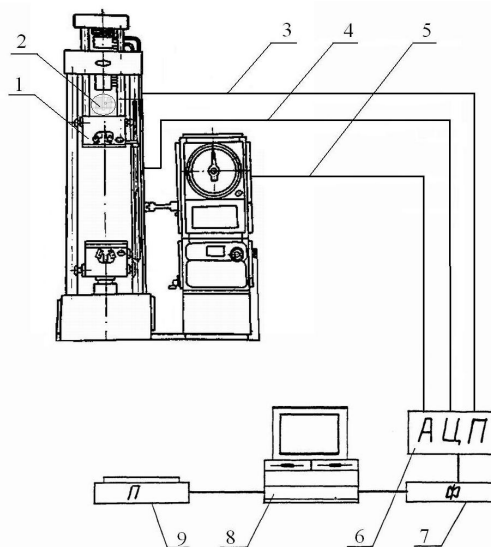
Лаборатория към катедра "Инженерна логистика и подемно-транспортна и строителна техника" на ТУ-София е оборудвана с необходимите стендове за изпитване на предпазните устройства в асансьорите съгласно БДС EN81. Лабораторията има лиценз за дейност от ДАМТН. За изясняване на проблема е създаден специализиран стенд в лабораторията.

2. ОПИТНА ПОСТАНОВКА

Работата на силата, която може да поеме до разрушаването си всеки захващащ механизъм се нарича енергиен капацитет. Той се определя от работата на силата върху захващащият механизъм чрез площта под диаграмата "сила-деформация" (фиг.5).

Силата върху захващащият механизъм 2, (фиг.1) се прилага чрез машината за натиск 1. Силата се измерва посредством датчик 5. Преместванията по вертикалата на релсата се из-

мерват чрез датчик 4, а датчик 3 измерва разтягането на клиновото тяло. Получената аналогова информация от датчиците се преобразува в цифрова от АЦП 6 и след това сигнала се филтрира. Така получения сигнал се



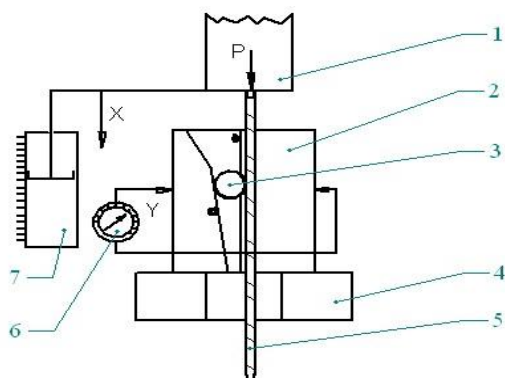
фиг.1 Блок схема на опитната постановка

обработва във функция от времето и се съхранява в компютъра, чрез специално създаден за тази цел софтуер за изследване на асансьори. Резул-

тата от което и да е изпитване може да се анализира лесно и да се представи в графичен вид.

Позиция 2 от опитната постановка е представена по-подробно на (фиг.2).

Захващащият механизъм акумулира потенциалната и кинетичната енергия от движението на кабината. Посредством контакта между ролката с релсата и клиновото тяло силата се акумулира. Клиновото тяло се



фиг.2 Клиново тяло на стенда

съпротивлява на приложената сила с енергията на което е способно. Работата която извършва тялото на клина се явява огъването и смачкването в зоната на контакта. В релния случай релсата е неподвижна, а клиновото тяло се движи заедно с кабината, докато при изпитването релсата се движи, а клиновото тяло е неподвижно.

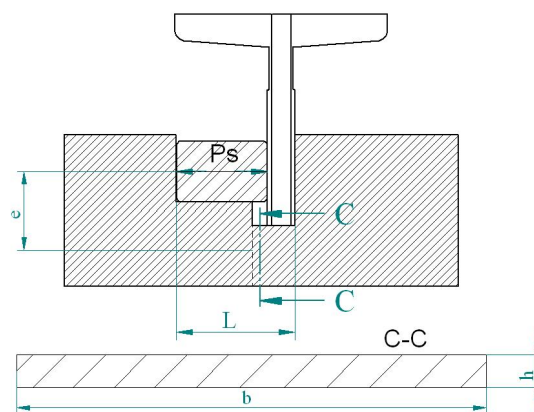
Експерименталните изпитвания показват, че енергийният капацитет зависи от геометричните и физико-механичните параметри на клина. Изборът на тези параметри е от съществено значение за оптималният енергиен капацитет за всеки тип захващащ механизъм.

3. ТЕОРЕТИЧНА МЕТОДИКА

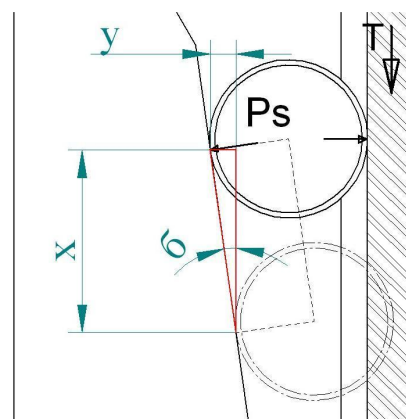
Факторите оказващи най-голямо значение върху енергийния капацитет са функция от геометричните му параметри: b, h, L (фиг.3). Наблюдаваните деформации при експерименталните изпитвания са:

- деформация в еластичната област
- деформация в пластичната област

- контактна деформация в ролката, релсата и клиновото тяло от еластични и пластични деформации



фиг.3 Клиново тяло-разрез



фиг.4 Преместване на ролка

Основното влияние оказва общата деформация на тялото в еластичната и пластичната област. Максималната сила P_s приложена в ролката се определя по формулата:

$$P_s = \frac{b \cdot h^2 \cdot \sigma_s}{6 \cdot e} \quad (1)$$

Ъгълът на завъртане α на левият край спрямо десния е равен на:

$$\alpha = \frac{12 \cdot P_s \cdot e \cdot L}{E \cdot b \cdot h^3} \quad (2)$$

В точката на приложената сила P_s деформацията е:

$$b = 2.egt \frac{\alpha}{2} \quad (3)$$

Преместването x на ролката по вертикалата от еластичната деформация е (фиг.4):

$$x = \frac{\delta}{tg\gamma} \quad (4)$$

Максималната приложена сила върху релсата съответно е:

$$T = \frac{P_s}{tg\gamma} \quad (5)$$

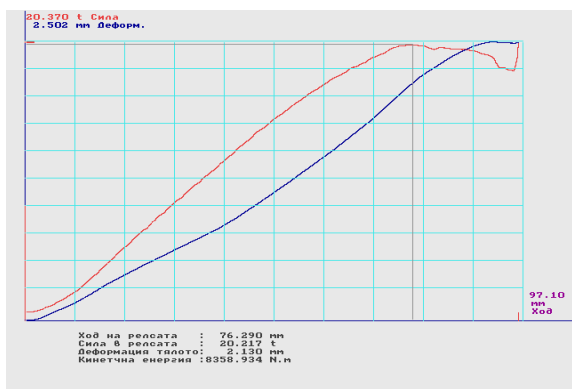
За енергията капацитет на клина се получава :

$$K_e = \frac{T \cdot x}{2} \quad (6)$$

Енергията капацитет K_e само от еластичните сили е:

$$K_e = \frac{b \cdot h^2 \cdot \sigma_s}{2(tg\gamma)^2} [2.egt(\frac{e \cdot L \cdot \sigma_s}{h \cdot E})] \quad (7)$$

От тук може да заключим, че енергията капацитет е функция от геометричните параметри: b, h, L и напрежението на провлачане σ_s на материала на тялото на клина.



фиг.5 Графика сила-деформация

За определяне на пластичната деформация е използван метода на [4]. Тъгълът от пластичната деформация α_p може да се изчисли по зависимостта:

$$\alpha_p = \frac{\sigma_s \cdot L}{E(\frac{h}{2} - e_p)} \quad (8)$$

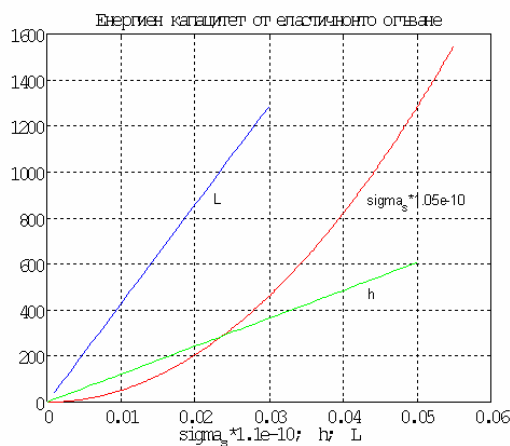
Където e_p е степента на проникване на пластичната деформация в дълбочината на сече-

нието, като при $e_p = \frac{h}{2}$, се получава граничен случай и разрушаване.

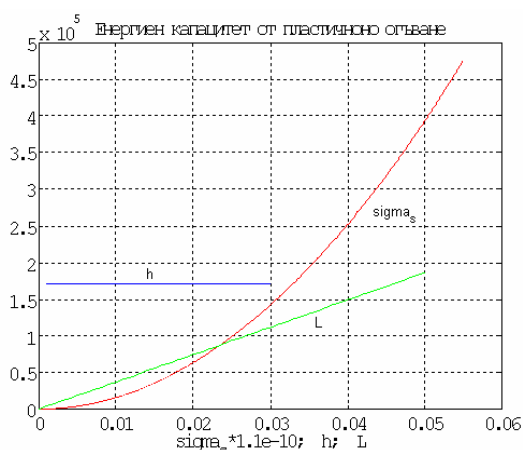
По време на пластичната деформация силата P_p се определя по формулата:

$$P_p = \sigma_s \frac{b \cdot h^2}{e \cdot 6} [1 + \frac{2 \cdot e_p}{4} (1 - \frac{e_p}{h})] \quad (9)$$

Направеното теоретично изследване за влиянието на основните параметри на клиновете: L, h и σ_s върху енергията капацитет е показано на фиг. 6 в еластичната област, а в пластичната област е показано на фиг.7



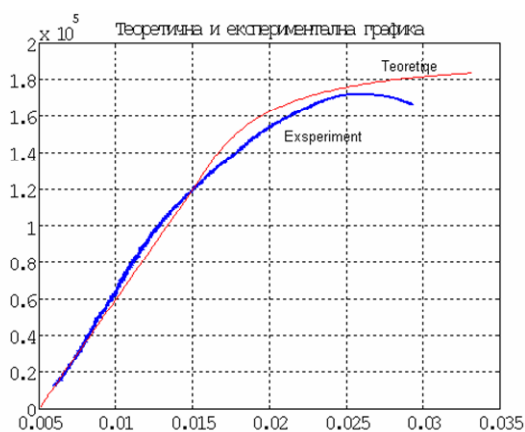
фиг.6 Енергия капацитет от еластичното огъване



фиг.7 Енергия капацитет от пластичното огъване

След сравняване на теоретичните и експерименталните резултати се получава

покриване между теоретичните и експерименталните резултати което може да се види на фиг.8:



фиг.8 Теоретична и експериментална графика

4. ПРИНОСИ

1. Извършена е серия от експерименти с реално ползвани в асансьорите захващащи механизми.
2. Създадена е теоретична методика за статично изследване, която може да се използва за анализ, оптимизация и усъвършенстване на съществуващи захващащи механизми.

Литература

1. БДС EN 81/2 Правила за безопасност при конструирането и монтирането на асансьори 1998.
2. Илиев Г., Минков С., Йорданов Й., Страшников И., Давидов П., Чучуганов К. „Изследване на предпазно устройство “захващащ механизъм” по процедура “изследване на типа” при оценяване на съответствието с техническите изисквания за асансьори.
3. Кисъв. И.Д. Наръчник на инженера. София. Техника. 1979.
4. Тимошенко С.П. Сопротивление материалов. Москва. Наука. 1965.

RESEARCH OF SAFETY DEVICE – SAFETY GEAR IN ELEVATORS

Pavel DAVIDOV¹ Georgi ILIEV²

¹Logistics engineering department, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: pdavidoff@abv.bg

²Logistics engineering department, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: giliev@tu-sofia.bg

Abstract: Building boom in recent years, and the ensuing crisis has exacerbated competition and forced manufacturers of elevators to replace imported from abroad safety devices with the home-produced. For their safe and secure operation is essential conformity of harmonized standards BNS EN81, under which provide standard laboratory tests of all safety devices installed in elevators. The purpose of this paper is to explore the physical parameters of the safety gears for establishing a theoretical method for calculation and optimization of the safety gears (which has not been available) to be confirmed experimentally.

Keywords: elevator, safety gear, testing, standards, safety, security

ЗЕЛЕНИЯТ ГРАД НА ТЕХНОЛОГИЯТА

Радослав КОЗАРЕВ Любомир БОГДАНОВ Иван ГЕОРГИЕВ Радослав ВЕЛИНОВ

катедра „Инженерна логистика, подземно-транспортна и строителна техника”, Технически университет - София, България, e-mail: green@greencityoftechnology.com

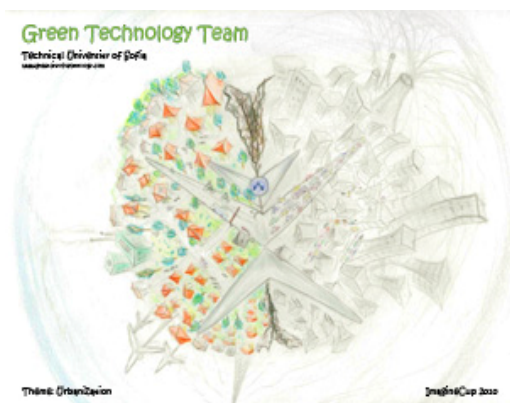
Резюме: В работата е представена идея, която има за цел да разреши проблема с пренаселването, или така наречената урбанизация, на големите градове по света и в частност България. Тази идея е базирана на изграждането на множество напълно автоматизирани зелени, екологично чисти градове, в които са интегрирани различни ИТ технологии, технологии за възобновяване на енергията и ресурсите, технологии за рециклиране и много други автоматизиращи технологии. Главните устройства, използвани в разработката са „i.Lon 100 e3”, „PDAs”, „eBox-3310A-MSJK”, като те бяха използвани и в експериментите към проекта, които се проведеха в ТУ-София. Проектът беше представен в студентското състезание на Microsoft – Imagine Cup 2010, в което, от между 650 проекта от цял свят, зае 50 място.

Ключови думи: Зеленият град на технологиите, Imagine Cup, i.Lon, eBox, PDA, Козарев, Богданов, Георгиев

1. ВЪВЕДЕНИЕ

В периода от октомври 2009 г. до юни 2010 г. се проведе ежегодното издание на студентското състезание Microsoft - Imagine Cup 2010. Група от четирима студенти от Технически Университет – София, Машиностроителен факултет МФ, специалност Машиностроене и уредостроене, участвахме в състезанието, с ръководител доц. д-р инж. Иван Панков.

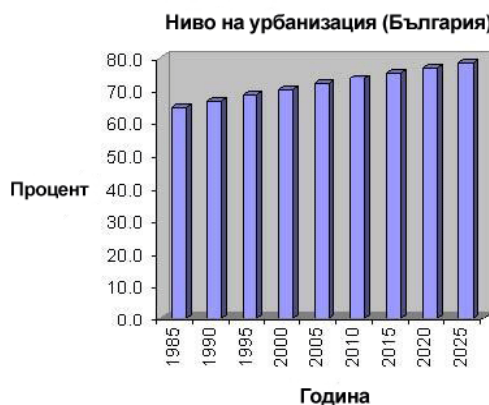
Идеята, която изградихме, нарекохме „Зеленият град на технологията”. Това е едно идеализирано градче, което има за цел да реши проблем, засягащ голяма част от населението на Земята и ,в частност, България. Това е, така наречената, урбанизация или пренаселването на големите градове по света.



фиг.1 Урбанизация

1.1 Проблемът

В България, населението наброява 7.6 милиона души, от които 2 милиона живеят в столицата. Политическите и икономическите промени в страната през последните години, а също така и промените в световната икономика, доведоха до намаляване на работните места в България поради затваряне на много държавни предприятия в по-слабо населените региони (фиг. 2).

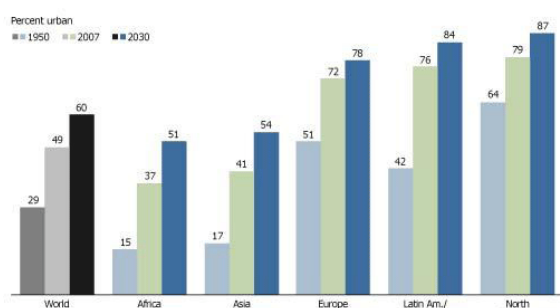


фиг.2 Ниво на урбанизация в България

В следствие на това, много хора започнаха да напускат родните си места и да се запътват към големите градове, в търсене на работа. Както казахме по-горе, в столицата – София, живеят 2 милиона граждани, а по градоустройствен план градът е проектиран за 300 000 жители, което води до голямо отпадъчно замърсяване, напрегнат трафик, трудно придвижване, високи нива на

замърсяване на въздуха и шум, проблеми с развитието на икономиката в града, застрояване на много от зелените площи, поради голямото търсене на жилища. Това беше главната причина, поради която решихме да участваме в студентското състезание на Microsoft – Imagine Cup и да се опитаме да предложим едно решение на проблема в нашата държава.

В световен мащаб, много развити държави имат подобни проблеми. Проучванията показват, че през 2005 година 50% или 3.2 милиарда души живеят в големите градове. Прогнозата е, че до 2030 година този процент ще нарасне до 60% и ще продължи да расте (фиг.3).



фиг.3 Ниво на урбанизация по света

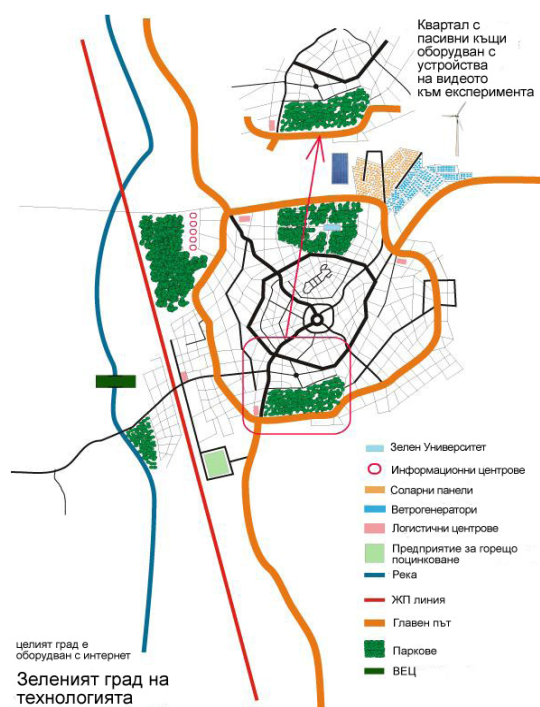
1.2 Нашето решение на проблема

Нашето решение на проблема е изградено на базата на високите технологии и възобновяемите енергийни източници. Идеята ни е стимулирането на младите хора да живеят в зелени, по-малко населени градове със собствен поминък, което ще премахне всички недостатъци на големия град и ще спомогне за нормалното и природосъобразно развитие на бъдещите поколения. Това ще изгради нова представа в съзнанието на младите хора за екологичен начин на живот, в хармония с природата, която ни заобикаля. Първостепенна роля в изграждането на тези градове ще изиграят високите технологии. В обща план един града ще изглежда така (фиг.4):

Градът ще се захранва изцяло от възобновяеми енергийни източници, които ще бъдат интегрирани незабележимо в околната среда и сградите, и ще спомогат за нормалния живот на жителите.

Градът ще бъде информационно автоматизиран, т.е. всички процеси в него ще бъдат кон-

тролирани от големи сървърни конфигурации, които ще служат за управление на тези процеси и за информиране на жителите. Всеки гражданин ще има собствен портативен компютър, с който ще има възможност да управлява важните за него процеси и да получава нужната му информация. По същия начин, жителите ще могат да комуникират помежду си и с всички административни звена в града.



фиг.4 Градът на технологията

Градът ще има собствена хранително-вкусова индустриална част, която ще се занимава с изхранването му. В нея ще бъдат разработени специални автоматизирани и роботизирани ферми, снабдени с екологично чиста енергия. Тази аграрна част от града ще се намира в покрайнините му. Всички магазини, супермаркети, хипермаркети, ресторанти, кафенета в града ще консумират произведените продукти и ще ги предлагат на жителите на града. По този начин ще може да се поддържа винаги един икономичен, изгоден за града и жителите му, затворен цикъл.

В къщите на жителите и в града ще бъдат използвани начини за добиване и спестяване на битови ресурси, чрез събиране и преработка на

дъждовната вода. Тя ще бъде съхранявана в специални резервоари. Преработването и ще бъде в система за рециклиране на дъждовна вода със специални филтри. Ще има също така, възможност за пречистване на отпадната вода чрез използване на подземни и надземни цистерни, в които ще се извършват очистителните реакции. Дъждовната вода ще се ползва за: напояване, измиване на улици, сгради, магазини, алеи и много друго, както и за битови нужди - за вода в тоалетните.

След преминаването на водата през специални пречиствателни машини и филтри, тя ще се използва и за пране, миене на чинии, дори и за къпане. Другите варианти за добиване на вода ще бъдат от подпочвени води, реки, потоци и др. В къщите ще се използват редица похвати за намаляване на консумираната енергия.

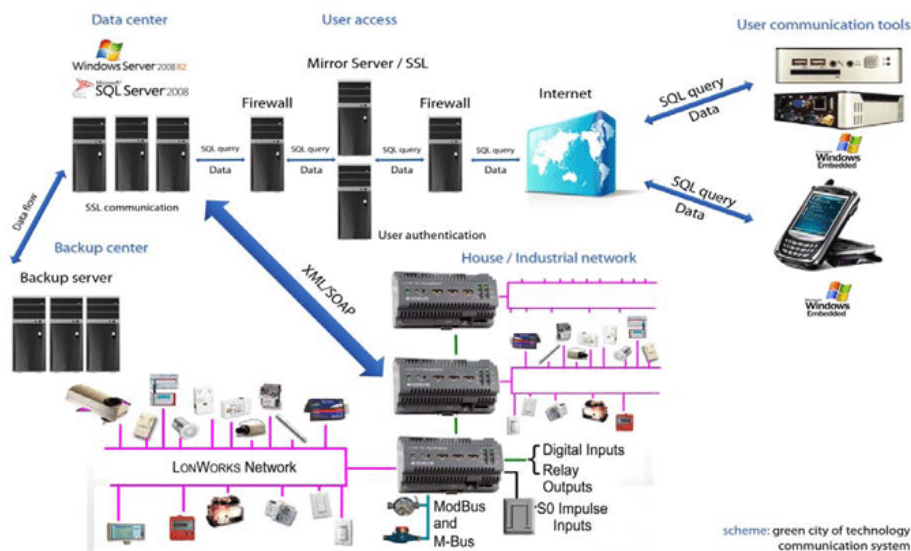
Най-важното е, че технологията за пречистване и добиване на водата няма да съдържа вредни вещества и ще отговаря на строгите екологични стандарти за контрол на качеството. Електричеството ще се добива чрез соларни панели, фотоволтаични системи и други подобни уреди, имащи същите функции.

Рециклиращата система на града ще бъде изградена под него, с което ще бъдат отстранени нуждите за обслужващ персонал, който минава през домовете на жителите и събира изхвърлените боклуци. Тези системи ще служат за директното транспортиране на сметта до пунктовете за рециклиране на различните видове отпадъци, без да има нужда от транспортиране на отпадъците до определените места за рециклиране.

Всички тези уреди, процеси и системи ще бъдат контролирани, наблюдавани и регулирани чрез интернет комуникации и информационни сървърни системи, имплементирани в града.

2. ДЕЙСТВИЕ НА СИСТЕМИТЕ

Целият град ще бъде оборудван с устройства от типа "i.LON 100 e3", които ще помагат за управлението, наблюдението и регулирането на различни параметри на системите в града. Тези устройства ще приемат информация от различните видове датчици и устройства за следене (сензори), интегрирани в машините, използващи се за извършването на даден процес (фиг.5).



фиг.5 Схема на свързване на устройствата

Тези устройства ще комуникират със сървърните системи и към тях ще бъдат имплементи-

рани устройства "eBox-3310A- MSJK", с които ще могат да се наблюдават ,визуално, променя-

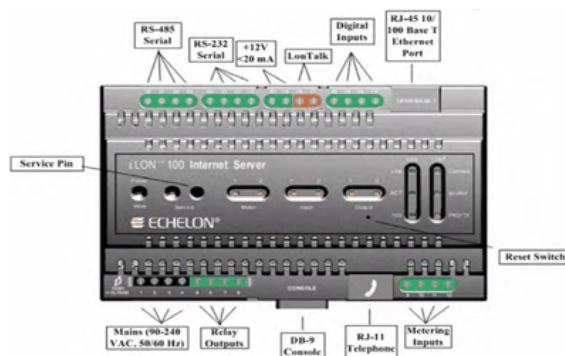
щите се параметри на различните видове системи и оборудвания. Цялата информация, от всички видове системи в града, ще се съхранява в сървърна система, която ще изпраща нужната информация до определени портативни компютри, чрез идентификация на мобилния номер. Този мобилен номер ще бъде уникален за всеки жител на града. В информационната система ще бъде съхранявана информацията за всеки жител, на база на този уникален мобилен номер.

Във всяка къща, по същия начин, ще бъдат имплементирани устройство "i.LON 100 e3", с което ще може да се следят протичащите процеси в къщата, и устройство "eBox-3310A-MSJK", което ще показва, визуално, информацията, която ще може да се контролира и манипулира. Тази информация ще бъде възможна за достъп, също така, и чрез мобилните устройства. Чрез тези мобилни устройства ще може да се извършват всякакви парични преводи, без необходимост от банкови устройства, което ще намали нуждата от хартиени средства за разплащане. Мобилните устройства ще служат и за комуникация с различни звена в града, и чрез тях ще се осъществява бърза връзка с всеки и всичко в града.

2.1 Устройства

Системата „i.LON 100 e3” (фиг.6) е интернет базирано устройство, което се използва за контрол, рутер, уеб сървър и свързва LonWorks, M-Bus и Modbus устройства към изградени IP мрежи или интернет. Вграденият в устройството уеб сървър, дава възможност за достъп до информацията, която обработва "i.LON 100 e3". В уеб сървъра има вградени алармени, разписателни и информационни логари. "i.LON 100 e3" поддържа SOAP/XML уеб комуникация, която е използвана в нашия проект за обработка, контрол и манипулиране на данни получени от машините и системите, извършващи различни процеси.

Този комуникиращ протокол SOAP (Simple Object Access Protocol) ще бъде манипулиран да изпраща информация към главния сървърен център в града. Той ще се свързва с "Microsoft SQL Server". Тези данни ще излизат и на локален компютър с хардуерно устройство "eBox-3310A-MSJK" (фиг.7, тъй като той консумира минимално количество ток и заема малко място.



фиг. 6 i.LON e300

Софтуерната платформа, използвана в "eBox-3310A-MSJK", е „Windows Embedded CE 6.0 R2”, към която ще бъде разработено специално приложение за контрол и манипулиране на определени променливи и модули в "i.LON 100 e3", чрез комуникация със SOAP протокола. При промяна на някоя от променливите, отговарящи за даден процес, стойността и ще бъде променяна и в главните информационни сървъри, които ще подават информация на портативните устройства, чрез "SQL" заявки към "Microsoft SQL Server", зад който ще стои „Microsoft Server”. Операционната система за портативните устройства е „Windows Embedded CE 6.0 R2”, която е конфигурирана с помощта на „Microsoft Visual Studio 2010 Ultimate”. По същия начин ще бъдат управлявани и по-големите енергийни бази и процеси в града, като термопомпи, ветрогенератори, пречиствателни системи, индустриални процеси, улично осветление, процеси в административните сгради и др.

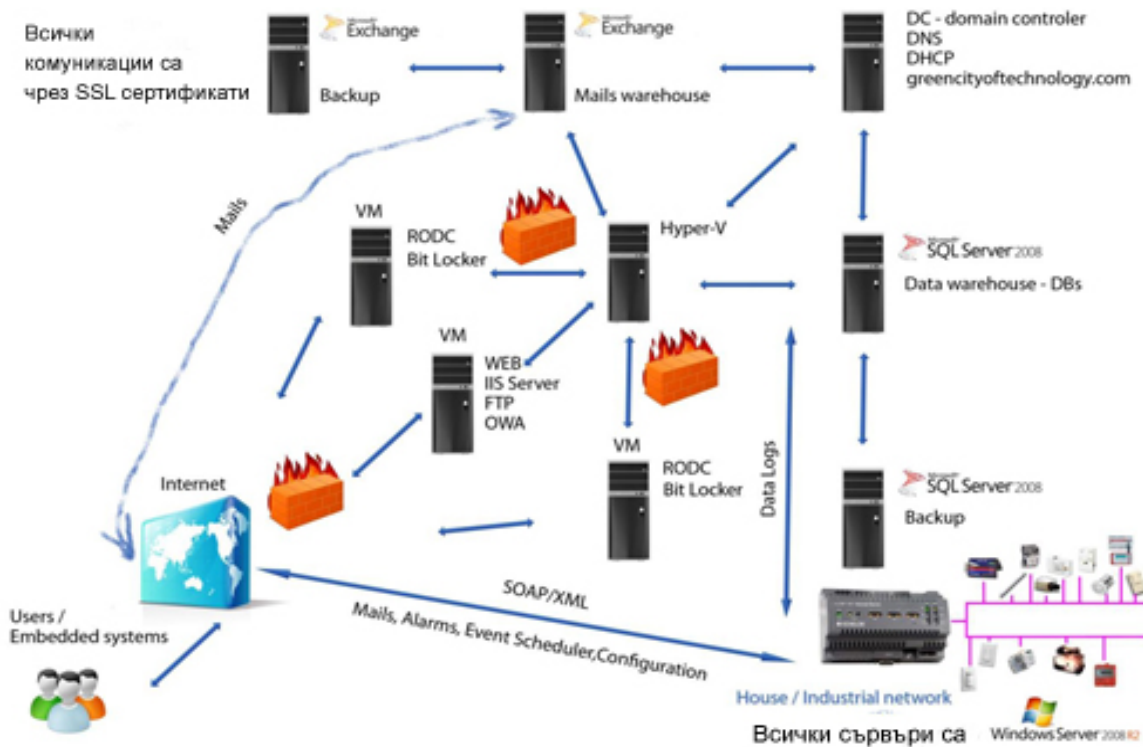
2.1 Софтуерна архитектура

На фиг.8 е показана софтуерната архитектура на цялата система за комуникация на устройствата и тяхна връзката с потребителите и информационните дата сървъри.

В софтуерната архитектура ние сме направили директна връзка с i.LON e300 чрез SOAP/XML комуникация. Цялата информация, внедрена в i.LON e300 устройства, се складира в големи бази от данни, където тя се записва в определени масиви и таблици, достъпни само за авторизирани лица.



фиг.7 Box-3310A-MSJK green PC



фиг. 8 Софтуерна архитектура

Устройствата i.LON e300 имат вградени информационни логари, аларми, автоматични e-mail съобщения и много др. Чрез тези функции системата може да се програмира, така че да сигнализира, когато се случва някакво действие.

Сървърните системи, които сме предвидили и са показани на фиг.6, са няколко вида. DC, DNS, DHCP сървърни системи ще се използват за контролиране на домейните, потребители и IP адреси в мрежата. Сървърите SQL ще контролират и поддържат базите данни, в които ще се

складира цялата информация за всички жители и устройствата, машините и системите, използвани в града.

Exchange сървърът ще обработва изпращането и получаването на е-маили и между различни потребители, организации и устройства. Софтуерът, вграден в Windows Server 2008R2 Hyper-V, ще помогне да бъде изградена виртуалната система, чрез която потребителите ще могат да комуникират със сървърите, без да има директен достъп до тях, с което ще се намали риска от злонамерен достъп до информацията.

Виртуалната сървърна система се състои от виртуални машини с роля RODC (Read Only Domain Controller). В тези машини, информацията ще бъде криптирана чрез специален софтуер Bit Locker. Цялата схема на свързване и комуникация е показана на фиг.8 .

3. РАЗВИТИЕ И СТРАТЕГИЯ ЗА ИЗГРАЖДАНЕ

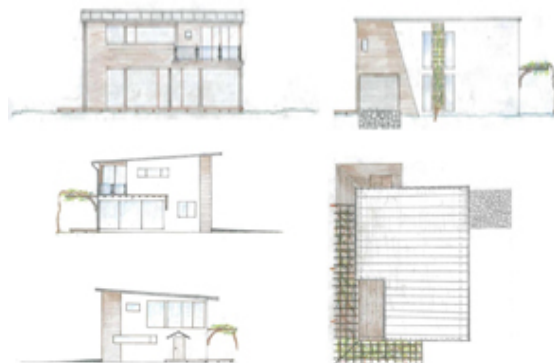
Знаейки, разбира се, че изграждането на един такъв идеализиран град означава една голяма инвестиция от финансова гледна точка, решихме да осъществим по различен подход, за да успеем да стигнем до този идеализиран зелен град. Решихме да започнем ,за начало, с изграждането на автоматизирани зелени къщи, или, още по известни, като пасивни къщи, които възобновяват енергията и водните ресурси чрез множество автоматизирани системи, вградени в тях.

Започвайки с изграждането на такъв вид къщи, можем да преминем и към автоматизирана инфраструктура на града, автоматизирана отпадъчна система, автоматизирана администрация на населените места и така да успеем да осъществим наистина нашия идеализиран зелен град на технологиите.

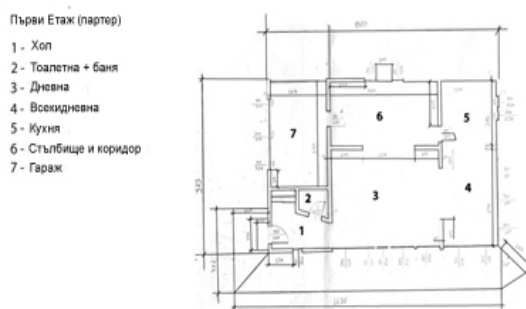
В уеб страницата на проекта www.greencityoftechnology.com е качено видео с експеримента, в който участва макет на тази зелена пасивна къща, показана на фиг.9,фиг.10 и фиг.11, и всички устройства описани в началото на публикацията.

Всяка стая ще бъде оборудвана с Touch Screen, чрез който ще може да се управлява, наблюдава и следи всеки един процес в къщата. Touch Screen ще бъде свързан с

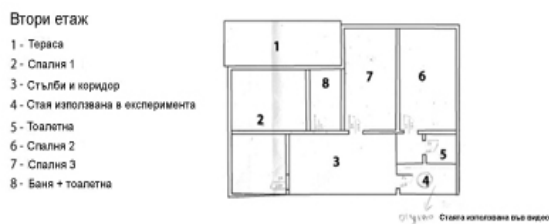
eBox-3310A-MSJK устройство, което ще визуализира информацията от устройството i.LON e300.



фиг. 9 Пасивна къща



фиг.10 Пасивна къща първи етаж



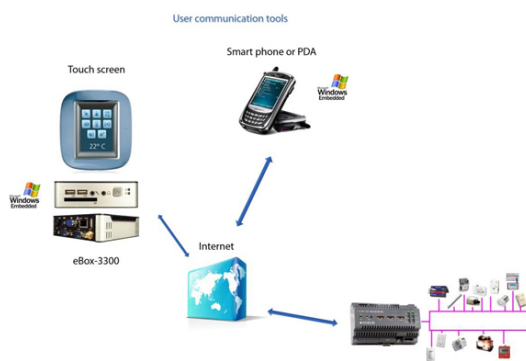
фиг.11 Пасивна къща втори етаж

Управлението на цялата система ще бъде улеснено до натискане на менюта от Touch Screen. По този начин технологията ще бъде наистина интуитивна и приятна за употреба. Другата възможност за управление, която ще имат потребителите на този тип къщи ще бъде чрез PDA устройства. Чрез тях потребителите ще мо-

гат да управляват процесите в къщата, дори когато са далеч от нея.

Устройствата iLON e300 ще управляват всички устройства и системи в къщата, всички управляващи сигнали ще минават през тях. Когато възникне проблем, системите в iLON e300 веднага ще изпращат съобщение за него. По този начин в къщите ще могат да бъдат интегрирани най-различни устройства, като термомопни, соларни панели, различни видове двигатели за задвижване, газ-детектори, вентилационни, отоплителни и много други системи.

В сърцето на всичко ще бъде Windows Embedded CE6 R3, която е операционна система, интегрирана в PDA и eBox-3310A-MSJK устройствата, която ще изпълнява всички видове логически операции.



Зеленият град на технологиите - интегрирана инфраструктура

фиг. 11 Пасивна къща с интегрирана инфраструктура

На фиг.11 е показана връзката между отделните устройства в пасивната къща.

4. СКОРОСТ НА ДАННИТЕ

Скоростта на трансфер на данните (табл.1), при комуникация между PDA, eBox-3300 и iLON e3 100, зависи от скоростта на интернет обмена на данни.

табл. 1 Скорост на индустриални мрежови протоколи

Мрежов протокол	Скорост на трансфер
Profibus DP	до 12 Mbit/s
CTNet	до 5 Mbit/s

Modbus RTU	до 1 Mbit/s
Interbus	до 500 kBit/s
Device Net	до 500 kBit/s
Ethernet	до 10 to 100 Mbit/s

5. ЕКСПЕРИМЕНТЪТ

Във видеото, което е направено за състезанието Microsoft Imagine Cup 2010, представихме експеримент на свързване и комуникация между eBox-3300, PDA и два компютъра с Windows Server 2008 R2, Windows Server 2003 R2. Също така, направихме прототип на "Зеленият град на технологията" и прототип на една пасивна къща от града. При направата на експеримента нямаше никакъв проблем с комуникацията между устройствата. В следващите експерименти ще се стремим да направим реален прототип на къщата, която беше представена по-горе в публикацията. В нея може да интегрираме различни по вид системи и сензори, след което тези къщи ще могат да бъдат изградени по този модел.

Експериментът може да бъде видян на адрес www.greencityoftechnology.com.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В обобщение може да бъде отбелязано, че идеята за автоматизиране на ежедневието е една доста интересна идея, която, като цяло, все още не е дълбоко разгледана и изучена. Чрез една такава автоматизация на домовете и градовете, в които живеем, ние ще можем да избегнем неимоверното количество проблеми, които ни заобикалят. Във всеки един момент ще имаме представа какво точно се случва с ресурсите, които използваме, как точно сме ги използвали и за какво сме ги използвали.

Всичко това ще ни доведе до един по-добър и по-приятен начин на живот.

Благодарности

Бихме искали да изкажем благодарностите си на целия екип от преподаватели, които ни помогнаха за изграждането на експериментите и ни насочиха към тази интересна тема. В частност доц. д-р инж. Иван Панков, гл. ас. С. Дишлиев, които ни помогнаха много и ни дадоха възможността да използваме тяхната лаборатория и уредите в нея.

Литература

1. www.echelon.com – Посетена на 12.12.2010г.

2. www.dreamspark.com – Посетена на 20.10.2010г.

3. en.wikipedia.org/wiki/SOAP -Посетена на 22.10.2010г.

GREEN CITY OF TECHNOLOGY

Radoslav KOZAREV Lubomir BOGDANOV Ivan GEORGIEV Radoslav VELINOV

Logistics engineering department, Technical University-Sofia, Bulgaria

e-mail: green@greencityoftechnology.com

Abstract: The goal of the project idea is to solve the problem of overcrowding of the big cities or so called urbanization problem. This problem also affects Bulgaria and mainly the city of Sofia. The idea is based on establishing a multitude of fully automated Green Eco cities. In those cities the major roles are playing the IT technologies, technologies for renewable energy sources, technologies for recycling and many other automated systems technologies. The main devices that we used in our project were i.LON 100 e3, PDAs, eBOX-3310A-MSJK, also those were use in our experiments that we have made in Technical University of Sofia. The project was introduced on the Microsoft Imagine Cup 2010 competition. We took 50th place from 650 teams from around the world.

Keywords: The Green City of Technology, Imagine Cup, i.LON, eBox, PDA,

ОСОБЕНОСТИ НА МОДЕЛИРАНЕТО НА ЕЛЕКТРОМЕХАНИЧНИ МИКРОСИСТЕМИ СЪС СЪСРЕДОТОЧЕНИ ПАРАМЕТРИ

Иван ИВАНОВ¹ Тодор ТОДОРОВ² Румен НИКОЛОВ³

¹катедра „Теория на механизмите и машините”, Технически университет - София, България
e-mail: ime@tu-sofia.bg

²катедра „Теория на механизмите и машините”, Технически университет - София, България
e-mail: i_e_ivanov@yahoo.de

³катедра „Прецизна техника и уредостроене”, Технически университет - София, България
e-mail: mic@tu-sofia.bg

Резюме: В статията се разглеждат динамични модели със съсредоточени параметри на вибрационна електромеханична микросистема. Показани са модели, описващи само механичната или само електрическата част. Чрез уравнения на Лагранж-Максуел е съставен модел, който свързва механичната и електрическата част на системата и описва взаимната обвързаност на процесите. Направени са изводи за приложимостта и полезността на моделите.

Ключови думи: динамичен модел, МЕМС, микросистема, съсредоточени параметри

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Микроелектро механичните системи (МЕМС) оперират с дължини на подвижните елементи от 1 μm до 1 мм [6]. Тези размери променят съотношението на различните видове сили в сравнение с макро устройствата поради влиянието на мащабните фактори. Понеже при намаляване на размерите с един и същи мащаб по трите координати отношението на обема към площта нараства, следва, че влиянието на повърхностните сили се увеличава за сметка на обемните [5]. Освен това се увеличават собствените честоти, а надеждността като цяло се повишава [7,10]. Тези особености основно влияят на избора на принципите преобразуване и на избора на механичната структура. В това отношение голяма част от правилата, валидни за проектиране на макро устройствата, при МЕМС може да не са спазват. Например много често за окачване на подвижни маси се използват статично неопределими конструкции, или греди с големи деформации.

Тези особености не влияят на избора на теория за изследване на динамичните характеристики. Въпреки малките размери тук все още са в сила класическите теории на механиката и електромагнетизма [8].

Поради сложния характер на процесите в една електромеханична система и тяхната взаимно обвързаност е установена практиката за моделиране чрез специализирани софтуерни продукти.

Тези програми при правилна постановка на задачата и коректни входни параметри са в състояние да моделират взаимодействието на процеси от механично, електрическо, магнитно, топлинно естество. Те са безспорно мощни инструменти за бързо и качествено проектиране на подобни устройства. От друга страна при тях е трудно да се даде аналитично описание на протичащите явления и техните взаимодействия. Този недостатък не съществува при моделите със съсредоточени параметри, които водят да системи обикновени диференциални уравнения. Тези уравнения не винаги може да се решат в точни квадратури, но въпреки това съдържат достатъчно информация, която може да послужи за анализ и избор на основните параметри.

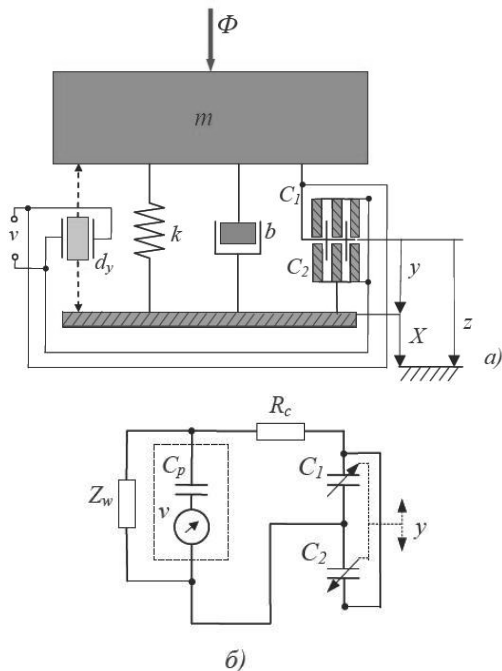
В статията се разглеждат възможни динамични модели на електромеханична микросистема, съставена от пиезоелектричен генератор на напрежение и обратна връзка с капацитивно въздействие върху собствената честота на системата.

2. ОПИСАНИЕ НА МИКРОСИСТЕМАТА

Схемата на механичната и електрическата част са показани на фиг.1. Електромеханичната микросистема се използва за добив на електроенергия от механични вибрации.

Инерционна тежест с маса m е окачена еластично и се намира в среда на механични треп-

тения. Окачването е двойно запъната греда, осигуряваща транслационно преместване на масата. Гредата има коефициент на еластичност k . В участъка на максимална деформация на еластичния елемент е разположен пиезоелектричен преобразувател, който е източник на електрическо напрежение v . Полученото от вибрациите напрежение се използва за зареждане на акумулаторна батерия и за захранване на обратна връзка, която въздейства на гредата чрез кондензатори, разположени в зоната на максималните деформации. Върху масата действа демпфер с вискозно съпротивление b .



фиг.1 Схематичен вид на устройството: а) механична схема б) електрическа схема

Кондензаторите са гребенен тип и променят капацитетите си C_1 и C_2 с преместването на масата. Електрическата схема е съставена от пиезо-генератор, еквивалентен кондензатор C_p и съпротивление на проводниците R_c . Гребенните кондензатори са свързани паралелно и се променят противофазно. Релативното преместване на масата спрямо корпуса на устройството е означено чрез координатата y , а чрез X и z са оз-

начени съответно преносната и абсолютната координата.

3. ПРИБЛИЗИТЕЛЕН МЕХАНИЧЕН МОДЕЛ

При съставянето на този модел се изхожда от следните важни опростяващи предпоставки:

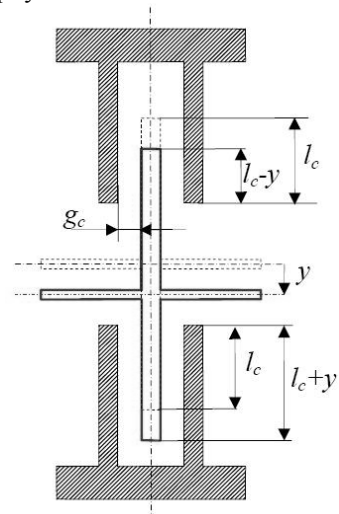
- 1) пренебрегва се разпределението на масата на гредата;
- 2) приема се, че електрическата верига се намира в стационарен режим;
- 3) стойностите на съпротивлението R_c и кондензатора C_p се приемат за пренебрежимо малки.

При тази постановка релативното движение на инерционната маса се описва с уравнението

$$m\ddot{y} + b\dot{y} + ky = F_C - m\ddot{X} \quad (1)$$

където \ddot{y} , \dot{y} са съответно ускорението и скоростта на масата, F_C е електростатичната сила.

На фиг. 2 са изобразени по един подвижен зъб от гребенните кондензатори разположени над и под гредата и образуващи странични кондензатори с корпуса.



фиг.2 Параметри на гребенния кондензатор

С помощта на фиг. 2 може да се изрази сумарната електростатична сила F_C чрез електрическите енергии на двата кондензатора. За зъба от горната страна на гредата електрическата енергия е

$$E_{C_1} = \frac{\varepsilon(l_c - y)w_c d_y^2 y^2}{g_c} \quad (2)$$

където ε е диелектричната константа, d_y коефициент на пиезо-напрежение [10] l_c определя положението на гребена преди деформацията на гредата, w_c - ширина на зъба, g_c - въздушната междина.

За електрическата енергия на долния зъб аналогично е получено

$$E_{C_2} = \frac{\varepsilon(l_c + y)w_c d_y^2 y^2}{g_c} \quad (3)$$

От формули (2) и (3) след диференциране спрямо y и сумиране по n_c брой зъба за горната и долната част на гредата е изведено [1]

$$F_C = k_C y \quad (4)$$

където

$$k_C = \frac{4n_c \varepsilon w_c l_c d_y^2}{g_c} \quad (5)$$

е наречена електростатична еластична константа.

Прието е преносната координата да се изменя по закона

$$X = a_x \sin \Omega t,$$

откъдето преносното ускорение приема вида

$$\ddot{X} = -a_x \Omega^2 \sin \Omega t. \quad (6)$$

След заместване на изразите (4) и (6) в диференциалното уравнение (1) е получено

$$m\ddot{y} + b\dot{y} + (k - k_C)y = ma_x \Omega^2 \sin \Omega t, \quad (7),$$

което след разделяне на m е сведено до

$$\ddot{y} + \eta\dot{y} + \omega_s^2 y = a_x \Omega^2 \sin \Omega t. \quad (8)$$

Тук $\eta = \frac{b}{m}$ е коефициент на демпфериране,

$\omega_s = \sqrt{\frac{k - k_C}{m}}$ - собствена честота на системата,

a_x , Ω - съответно амплитуда и честота на външните вибрации.

Диференциалното уравнение (8) има решение

$$y = A_y e^{-\eta t} \sin(\omega t + \beta) + A_f \sin(\Omega t - \beta_f) \quad (9)$$

където A_y и β_f са амплитудата и фазовото отместване на затихващите колебания, зависещи от

началните условия, $\omega_1 = \sqrt{\omega^2 - \eta^2}$ честотата на тези колебания.

Амплитудата A_f на принудените колебания е

$$A_f = \frac{a_x \Omega^2}{\sqrt{(\omega_s^2 - \Omega^2)^2 + 4\eta^2 \Omega^2}}, \quad (10)$$

а фазовото отместване е $\beta_f = \arctan \frac{2\eta\Omega}{\omega_s^2 - \Omega^2}$.

От формула (10) се извежда коефициента на усилване на системата

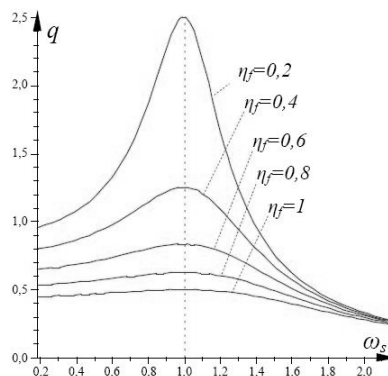
$$q = \frac{A_f}{a_x} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\omega_s^2}{\Omega^2} - 1\right)^2 + \frac{4\eta^2}{\Omega^2}}}. \quad (11)$$

Във формула (11) са положени $\eta_f = \frac{\eta}{\Omega}$ и

$\omega_f = \frac{\omega_s}{\Omega}$, наречени съответно честотен коефициент на демпфериране и относителна собствена честота. След тези полагания коефициента на усилване е прима вида

$$q = \frac{1}{\sqrt{(\omega_f^2 - 1)^2 + 4\eta_f^2}}. \quad (12)$$

Зависимостта на коефициента на усилване във

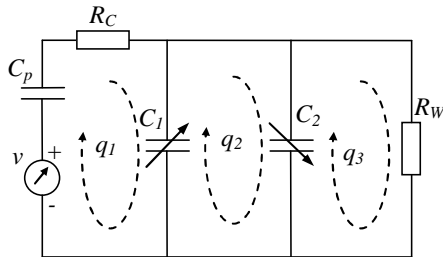


фиг.3 Зависимост на коефициента на усилване от относителната собствена честота при различни стойности на честотния коефициент на демпфериране

функция на относителната честота е дадена на фиг. 3. Тези данни може да се използват при началните етапи на проектиране.

3. ПРИБЛИЗИТЕЛЕН ЕЛЕКТРИЧЕСКИ МОДЕЛ

Този тип модели цели да опише процесите в електрическата част, независимо от механичните движения. Моделирането тук се свежда до анализ на преходните процеси в електрическите контури. Електрическата схема, разделена на три условни контура е показана на фиг. 3. Тук за простота се приема, че акумулиращата част на



фиг.3 Електрическа верига на микросистемата

устройството е заменено от пасивното съпротивление R_w . Еквивалентната верига на пиезо-електричния преобразовател е максимално опростена.

От теорията на електрическите вериги [5] следва системата уравнения

$$\begin{aligned} R_c \dot{q}_1 + \left(\frac{1}{C_p} + \frac{1}{C_1} \right) q_1 - \frac{1}{C_1} q_2 &= v \\ -\frac{1}{C_1} q_1 + \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right) q_2 - \frac{1}{C_2} q_3 &= 0 \\ \frac{1}{C_2} q_2 + \frac{1}{C_1} q_3 + R_w \dot{q}_3 &= 0 \end{aligned} \quad (13)$$

където $q_k = \int_0^t i_k dt$ ($k = 1, 2, 3$) е означено количеството електричество на контурите, i_k е токът на съответния контур..

В системата (12) за напрежението се ползва субституцията $v = d_y u$ [11]. Освен това трябва да се вземе предвид, че капацитетите

$$C_1 = \frac{2n_c \varepsilon (l_c - y) w_c}{g_c} \quad (14)$$

и

$$C_2 = \frac{2\varepsilon n_c (l_c + y) w_c}{g_c} \quad (15)$$

също така са функции на позиционната координата u .

Видно е, че (13) е диференциално-алгебрична система от уравнения, която може да бъде решена за статично положение на гредата, т.е., ако се приеме $u = const$. Такова решение може да даде само ориентировъчна представа за токовете в контурите, но няма да отчете динамика на системата като цяло.

4. МОДЕЛИРАНЕ ЧРЕЗ УРАВНЕНИЯ НА ЛАГРАНЖ-МАКСУЕЛ

Уравненията на Лагранж от втори род може да се разпрострат и върху електрическата част на системата като независимите електрически параметри, определящи състоянието на системата се изберат за обобщени координати [2]. Получената система съдържа диференциални уравнения, които описват взаимовръзките на процесите в механичната и електрическата част. Някои автори [2, 3] използват термина уравнения на Лагранж-Максуел, защото за електрическата част се получават уравнения на Максвел. Общата формулировка на метода е следната

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial \Lambda}{\partial \dot{q}_k} \right) - \frac{\partial \Lambda}{\partial q_k} = Q_k, \quad (16)$$

където q_i ($i = 1, 2, \dots, m$) са обобщените механични и електрически координати, m - общ брой на механичните и електрическите координати.

$\Lambda = E_k + E_{em} - E_p - E_e$ се нарича лагранжиан, в който $E_k = \frac{1}{2} m \dot{y}^2$ е кинетичната енергия на

системата, $E_{em} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k L_i \dot{q}_i^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k M_{ij} \dot{q}_i \dot{q}_j$ е електромагнитната ко-енергия, L_i - магнитните индуктивности, M_{ij} - взаимните магнитни индуктивности, k - брой на обобщените електрически координати, $E_p = \frac{1}{2} k y^2$ - потенциалната

енергия на еластичния елемент, $E_e = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \frac{1}{C_i} q_i^2$ -

електрическата енергия.

Q_k е обобщената сила или обобщеното електрическо напрежение, които се асоциират с дадена координата.

За конкретната система лагранжианът има следния вид

$$\Lambda = \frac{1}{2} m \dot{y}^2 - \frac{1}{2} k y^2 - \frac{1}{2} \frac{1}{C_p} q_1^2 - \frac{1}{2} \frac{1}{C_1} (q_1 - q_2)^2 - \frac{1}{2} \frac{1}{C_2} (q_2 - q_3)^2. \quad (17)$$

Обобщените механична сила е

$$Q_y = -b \dot{y} + m a_x \Omega^2 \sin \Omega t. \quad (18)$$

А трите обобщени електрически сили следват от

$$Q_1 = v - R_c \dot{q}_1 = d_y y - R_c \dot{q}_1 \quad (19)$$

$$Q_2 = 0 \quad (20)$$

$$Q_3 = -R_w \dot{q}_3 \quad (21)$$

След прилагане на операциите от уравнение (16) и като се вземат предвид формули (14) и (15) се стига до системата диференциални уравнения

$$m \ddot{y} + \frac{2g_c n_c}{\varepsilon w_c (l_c - y)^2} (q_1 - q_2)^2 - \frac{2g_c n_c}{\varepsilon w_c (l_c + y)^2} (q_2 - q_3)^2 + b \dot{y} + k y = m \Omega^2 a_x \sin \Omega t$$

$$\frac{q_1}{C_p} + \frac{4g_c n_c}{\varepsilon w_c (l_c - y)} (q_1 - q_2) = d_y y - R_c \frac{dq_1}{dt} \quad (22)$$

$$\frac{q_2 - q_3}{l_c + y} - \frac{q_1 - q_2}{l_c - y} = 0$$

$$\frac{2g_c}{\varepsilon w_c (l_c - y)} (q_3 - q_2) = -R_w \frac{dq_3}{dt}$$

Електрическата част на системата (22) тук е същата като системата диференциални уравнения (13), но обобщената механична координата y получава определеност от първото уравнение. Вторият и третият член на първото уравнение на (22) описват силите в двата променливи кондензатора, но за разлика от уравнение (7) тук те са функции на динамично изменящите се токове в контурите. Системата (22) може да се опрости

като се пренебрегнат стойностите на еквивалентния кондензатор и съпротивлението на проводниците. В този си вид може да се използва за по-прецизен анализ на енергийното състояние на системата и за синтез на механичната и електрическата част на устройството.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Очевидно е, че методът на Лагранж-Максуел дава най-адекватно описание на динамиката на системата.

Прилагането на първите два метода обаче не винаги е лишено от смисъл, защото в някои от случаите може да има елементи на евристичност. Например от механичния модел се вижда, че при такава схема на свързване се получава линейно диференциално уравнение от втори ред и освен това на еластичността на цялата система може да се влияе чрез подходящ избор на параметрите на кондензаторите. Това означава, че променливите кондензатори може да се използват за настройване на собствената честота на системата. Подобно свойство чрез системата на Лагранж-Максуел (21) по-трудно може да се докаже.

В моделите със съсредоточени параметри не се отчитат редица реални фактори като влиянието на температурата. Не е прецизирано влиянието на различните видове загуби в механичната и електрическата част. При пресмятането на електрическите величини не е взето под внимание влиянието на страничните потоци на електростатичното поле.

Следващото ниво на моделиране може да обхване и споменатите по-горе особености, при условие че се използват модели с непрекъснати параметри. Тези модели се състоят от частни диференциални уравнения. В зависимост от степента на сложност тези уравнения също могат да дадат възможности за аналитично описание на процесите.

Приложението на специализираните софтуерни продукти води до числени решения на обикновени или частни диференциални уравнения. Те може да се разглеждат като последен етап на моделиране и създаване на виртуални прототипи.

Благодарности

Резултатите от научните изследвания, които са представени в настоящата публикация, са финансирани от Вътрешния конкурс на ТУ-София-2010 г.

Литература

1. **Иванов И., Тодоров Т.** Настройване на собствена честота на МЕМС осцилатор чрез капацитивна обратна връзка. Сборник доклади 26-та международна научна конференция 65 години Машинно-технологичен факултет, ТУ-София, 2010, стр. 226-234.
2. **Левитский Н. И.** Теория механизмов и машин Москва, "Наука", 1979, стр. 280-292.
3. **Львович А. Ю.** Основы теории электро-механических систем, Изд. ЛУ, 1973, 193 стр.
4. **Gad-el-Hak, M.,** The MEMS Handbook, MEMS Introduction and Fundamentals, Second Edition, Taylor&Francis Group, LCC, 2006, p 2-1 – 2-7.
5. **Das J.C.** Transients in Electrical Systems, Analysis, Recognition and Mitigation, McGraw-Hill. Ink, 2010, p. 7-29.
6. **James, J. A.** Micro electro mechanical system design, Taylor & Francis Group, LLC, 2005, p. 118-120.
7. **Lobontiu, N. and E. Garcia,** Mechanics of Microelectromechanical Systems, Kluwer Academic Press, New York, 2004 p. 381-390.
8. **Lyshevsky, S. E.** Nano- and Microelectromechanical Systems, Fundamentals of Nano- and Microengineering, CRS Press LLC, 2000, p. 14-16.
9. **Preumont A.** Dynamics of Electromechanical and Piezoelectric Systems, Springer, 2006, p. 401.
10. **Tabata O., Tsuchiya T.** Reliability of MEMS, Wiley-VCH Verlag GmbH&Co. KG.A, 2008, p. 1-25
11. **Todorov T., Todorov G., Nikolov N., Yosifov R.,** Piezoelectric voltage evaluation of MEMS cantilever energy harvester with interdigitated electrodes, ICCE-18 Anchorage proceedings, 2010, p.743-744.

PECULIARITY OF MODELING OF LUMPED ELECTROMECHANICAL MICROSYSTEMS

Ivan IVANOV¹ Todor TODOROV² Rumen NIKOLOV³

¹Theory of Mechanisms and Machines department, Technical University of Sofia, Bulgaria
e-mail: ime@tu-sofia.bg

²Theory of Mechanisms and Machines department, Technical University of Sofia, Bulgaria
e-mail: j_e_ivanov@yahoo.de

³Precision Techniques and Instrument Devices department, Technical University of Sofia, Bulgaria
e-mail: mic@tu-sofia.bg

Abstract: Some dynamical models with lumped parameters of vibrating electromechanical microsystem are considered in the paper. Models that describe only mechanical or only electrical parts are created. A Lagrange-Maxwell model, which couple mechanical with electrical parts and shows its mutual processes interaction is built. Some conclusions on the appropriateness and utility of the models are done.

Keywords: dynamical model, MEMS, microsystem, lumped parameters

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ХИДРОМЕХАНИЧНАТА СИСТЕМА НА ТОВАРОПОДЕМЕН МАНИПУЛАТОР

Радослав ГРУЙЧЕВ¹ Росен МИТРЕВ² Божидар ГРИГОРОВ³

¹ катедра „Инженерна логистика, подемно-транспортна и строителна техника”, Технически университет - София, България, e-mail: r_gruychev@tu-sofia.bg

² катедра „Инженерна логистика, подемно-транспортна и строителна техника”, Технически университет - София, България, e-mail: rosenm@tu-sofia.bg

³ катедра „Инженерна логистика, подемно-транспортна и строителна техника”, Технически университет - София, България, e-mail: b.grigorov@tu-sofia.bg

Резюме: Настоящата работа има за цел да представи натурни експериментални изследвания върху съществуващ стенд на товароподемен манипулатор с цел изследване на хидромеханичната му задвижваща система. Извършена е обработка на измерените динамични параметри, с оглед получаване на данни за реални динамични процеси.

Ключови думи: манипулатор, експериментално изследване, динамични параметри.

1. ВЪВЕДИЕ В ПРОБЛЕМА

Обект на експерименталното изследване в настоящата работа е стенд на хидравличен товароподемен манипулатор.

Целта е експериментално изследване на цялостния динамичен режим на работа на машината и установяване големината на налягането на хидравличната течност и ход във функция на времето, при различни работни и неработни състояния.

Манипулационната система на товароподемния манипулатор се привежда в движение посредством хидравлични цилиндри. Хидравличните разпределители се отварят и затварят или ръчно от оператор, или посредством електромагнити, като времето за отваряне и затваряне е пренебрежимо малко. Това води до значителни ускорения и инерционни сили, поради внезапното нарастване на налягането на работната течност при отваряне и затваряне на разпределителите.

Изследване на динамиката на механизми в подемно - транспортната техника е важен цикъл от тяхното проектиране. В процесите на ускоряване и спиране се наблюдава голямо динамично претоварване поради внезапните промени в работното налягане на хидравличната система. От друга страна свиваемата работна течност внася еластичност в системата и създава трептения, които оказват влияние на съпротивлението срещу умора. По тази причина някои от случаите на

разрушаване на конструкциите се дължат на посочения фактор.

Значимостта на проблема е отразена в редица разработки. В [2,3] е изследвана динамиката на спиране и потегляне на товароподемен манипулатор. Направено е сравнение между числения експеримент и динамичното симулиране в CAD среда на съществуващи програмни пакети. В [1] е направен числен експеримент на динамиката при спиране, на хидравлично задвижвана товароподемна платформа от ножичен тип.

В литературата липсват данни за експериментални изследвания на тези съоръжения, с цел проверка на получените теоретични резултати.

2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН СТЕНД

Използвана е следната измервателна апаратура:

- Аналогово цифров преобразовател (АЦП);
- Два датчик за налягане ADZ-SML-10

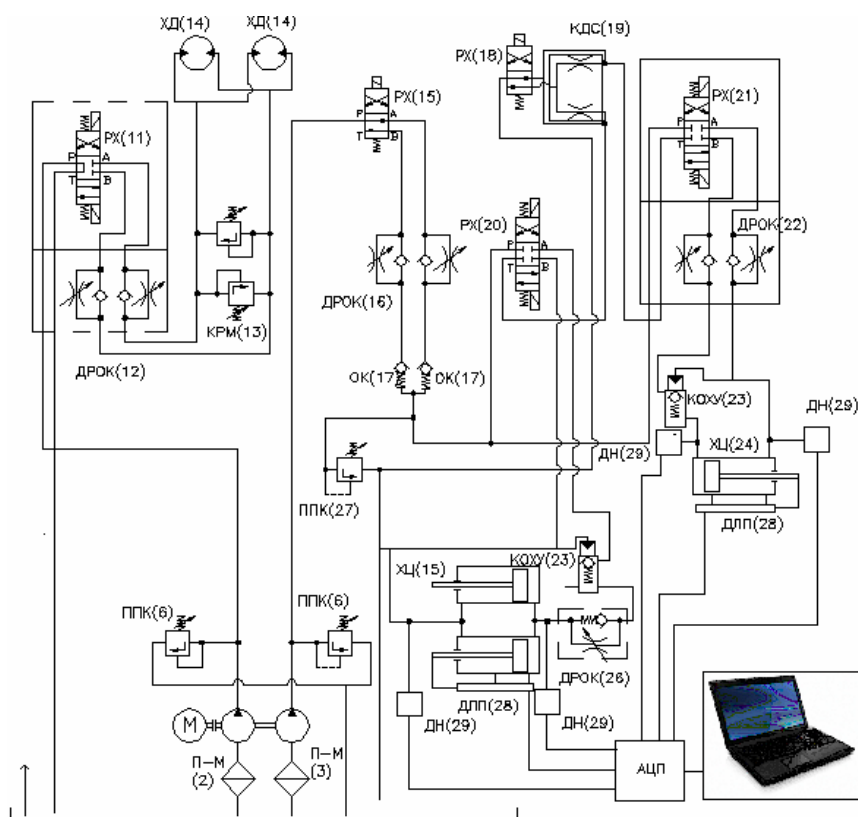
0..200 bar ДН(29);

- Датчик за линейно преместване MMS33

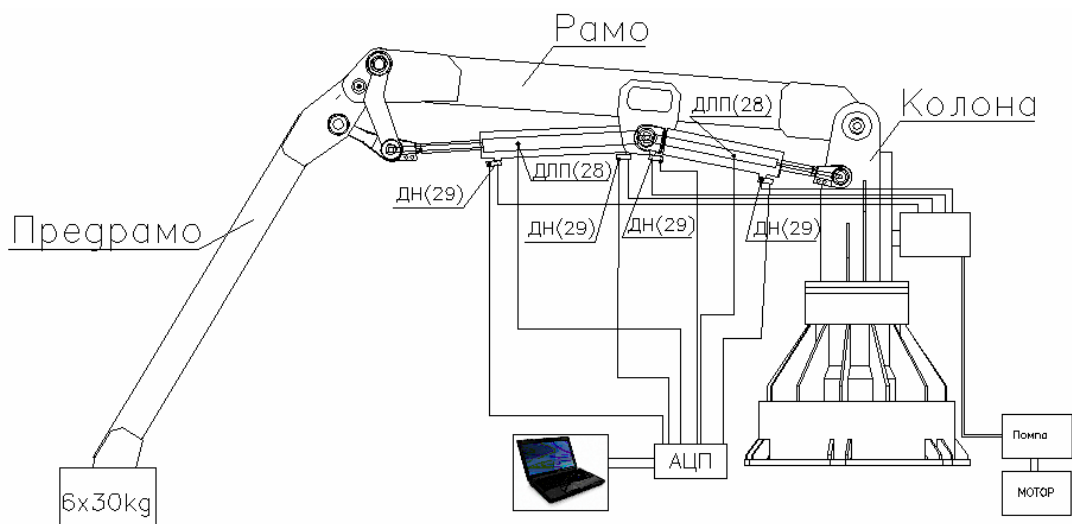
Ход 500 ДЛП(28);

- Компютър;

Единият датчик за налягане отчита изменението на налягането в буталната област, а другия в прътовата. Датчикът за линейно преместване отчита хода на хидроцилиндъра и е монтиран между шарнирите на окачването му.



фиг.1 Хидравлична схема на манипулатора



фиг.2 Схема на манипулатора и разположение на измервателните датчици



фиг.3 Общ вид на манипулатора

При хидроцилиндри на двете звена датчиците за налягане са монтирани на щуперите им.

Аналоговите сигнали от датчиците се преобразуват от аналогово-цифров преобразовател за обработка на данните, след което се подават на компютър, чиято програмна система (DASYLab 11) служи за първоначална обработка и визуализация на получената информация.

На фиг. 1. е показана схема на хидравличната система. Системата е изградена от двата кръга. Един за вдигане на рамото и предрамото на манипулатора с хидроцилиндър ХЦ(24), и хидроцилиндри ХЦ(25), и втори за въртене на колоната с хидродвигатели ХД(14). Работата на системата се осигурява от помпен агрегат със сдвоена помпа П-М (2) и (3).

Подемните хидроцилиндри се управляват с разпределители РХ(20) и РХ(21), а ДРОК (22) и ДРОК (26) регулират техните скорости. Разпределител РХ(15) позволява системата да има две

скорости - бърза и бавна - определени от ДРОК(16).

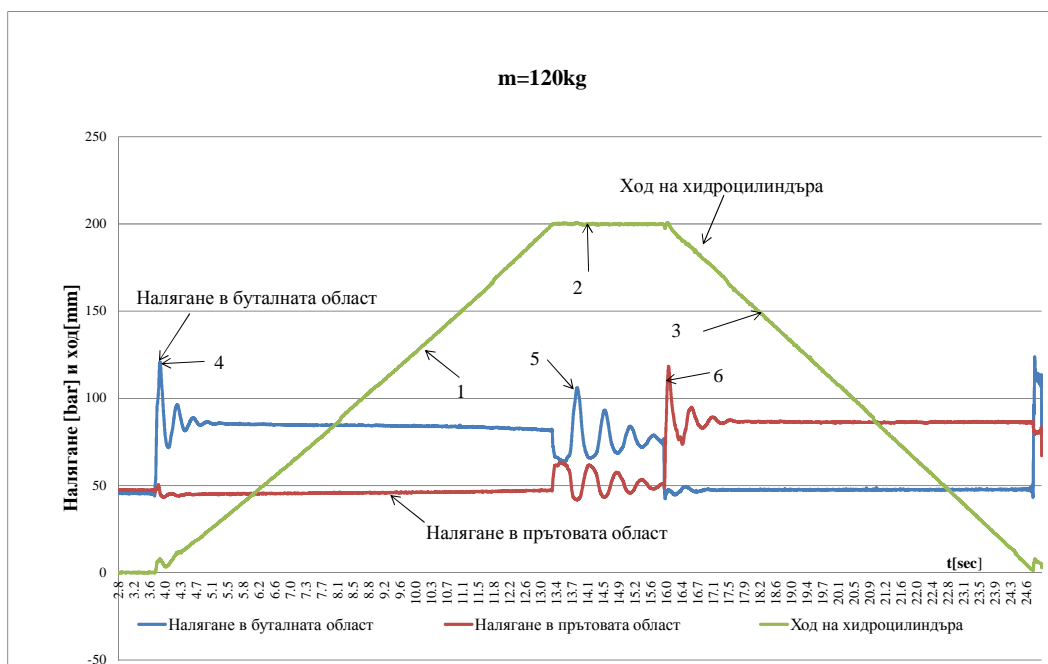
Разпределят РХ(18) включва делителя на дебит КДС(19), разделящ дебита между рамо и предрамо с цел едновременна работа на двете звена.

Хода на хидроцилиндъра между колоната и рамото е 400mm, а между рамо и предрамо е 480mm.

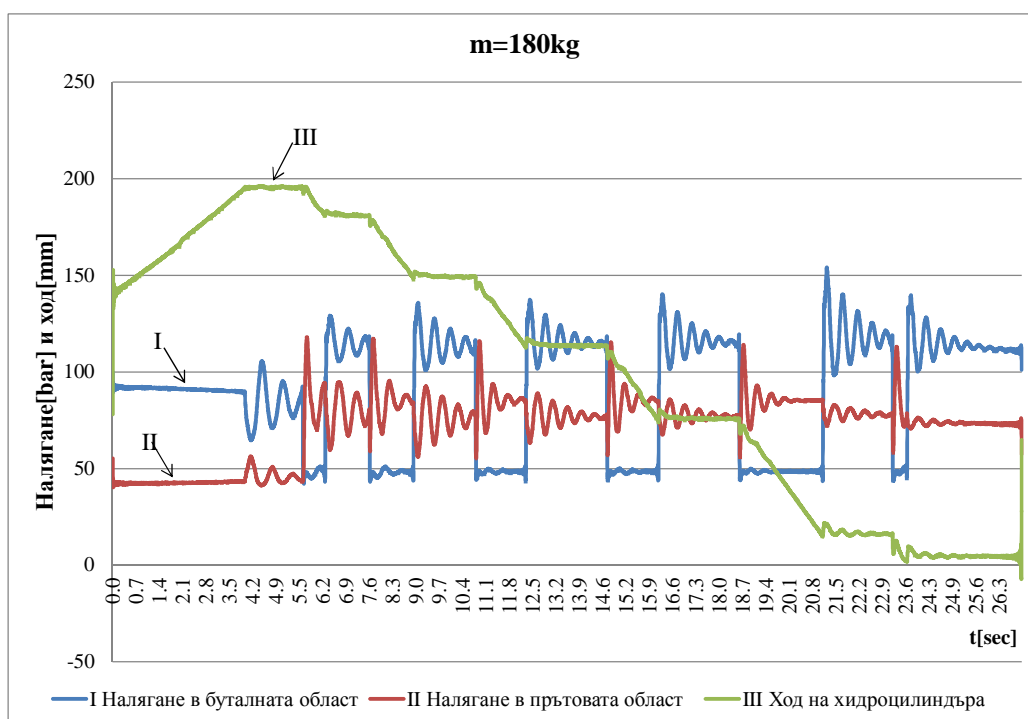
3. ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТ НА ИЗМЕРВАНИЯТА

I. Задвижване на звено рамо спрямо колоната посредством хидравличен цилиндър.

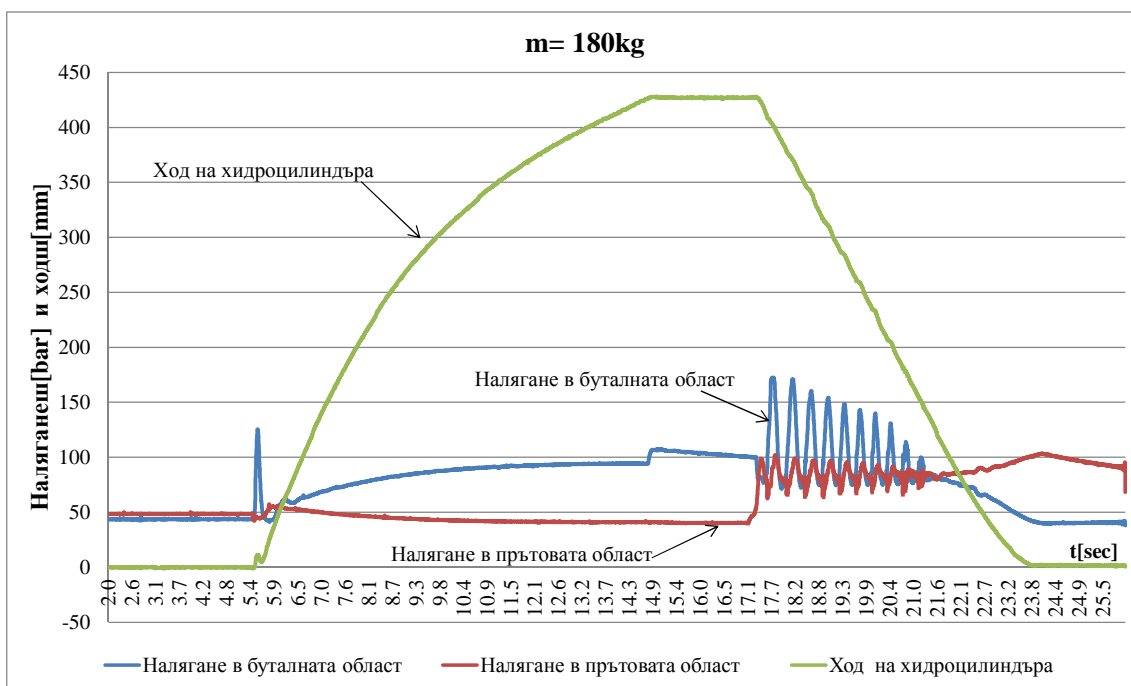
Рамото започва движението си от долно положение, достига до горно положение, задържа се няколко секунди, след което с бутона за спускане се подава течност през прътовата област на хидроцилиндъра му и то се спуска до изходното - долно положение.



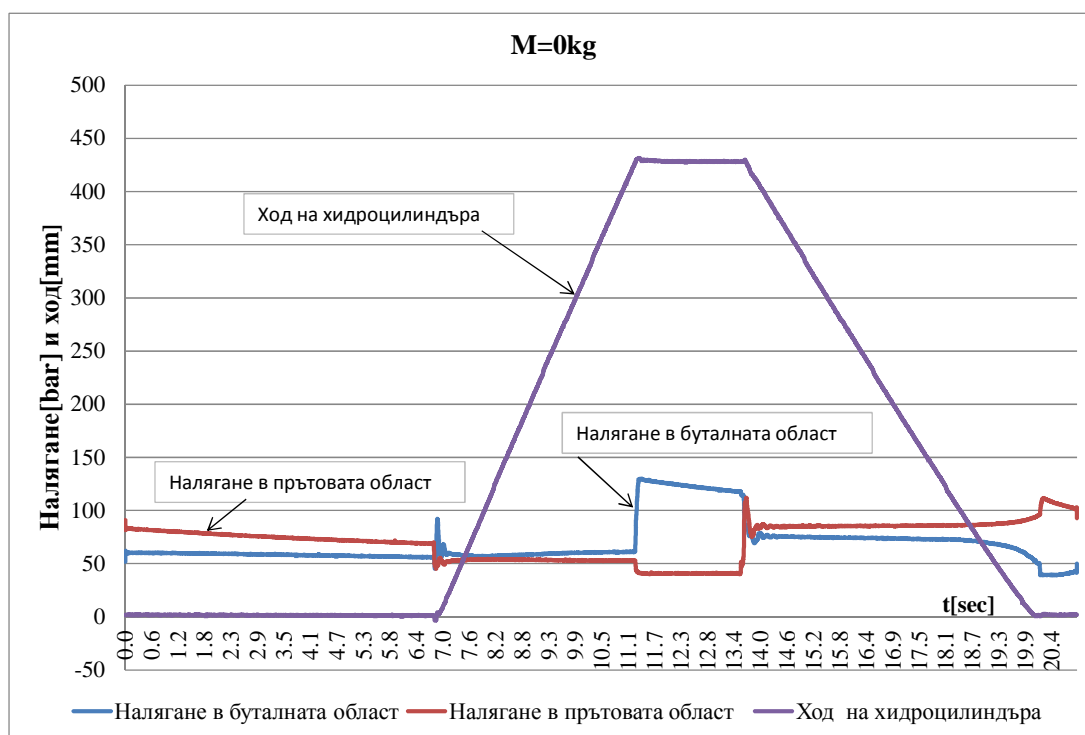
фиг.4 Резултати експеримент рамо – колона с товар m=120kg



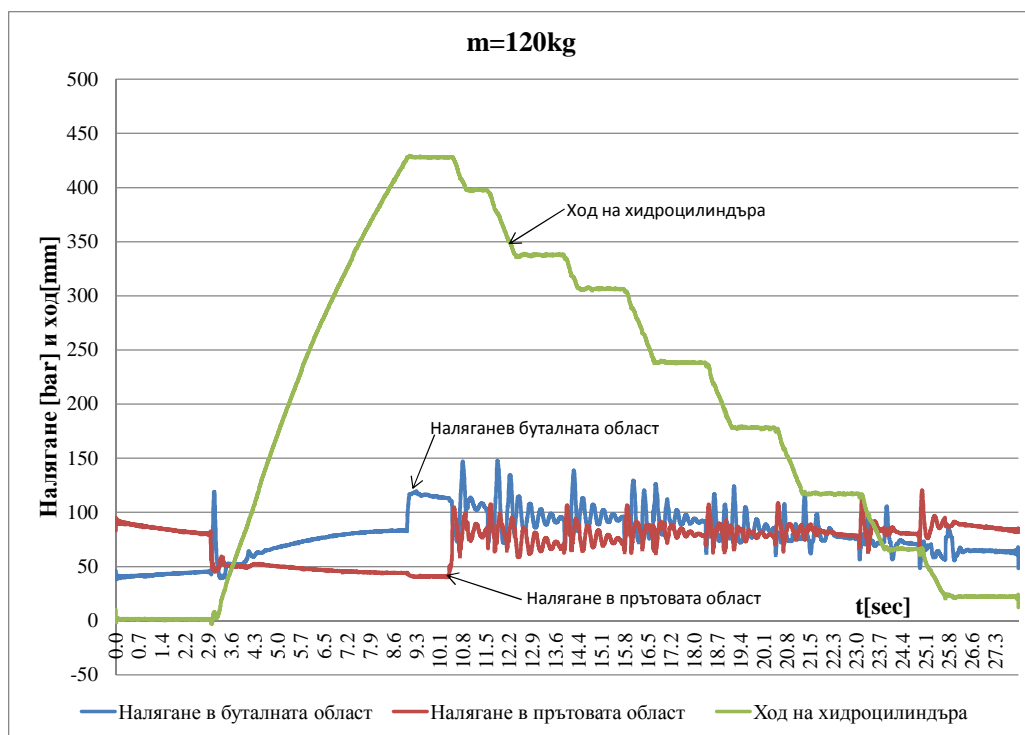
фиг.5 Резултати експеримент рамо – колона спиране с товар m=180kg



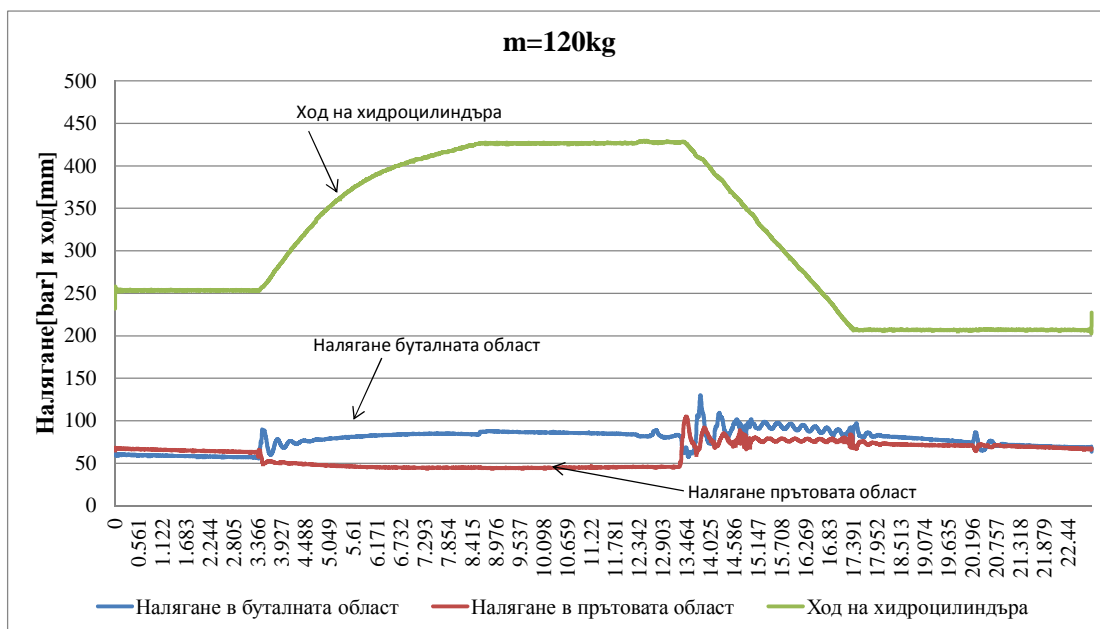
фиг.6 Резултати експеримент рамо – предрамо с товар m=180kg



фиг.7 Резултати експеримент рамо - предрамо без товар



фиг.8 Резултати експеримент рамо - предрамо спиране с товар m=120kg



фиг.9 Резултати експеримент едновременно движение на рамо и предрамо с товар m=120kg

1. Измерването се повтаря със следните комбинации от товари:

- Първа: $2 \times 30 = 60 \text{kg}$
- Втора : $4 \times 30 = 120 \text{kg}$
- Трета : $6 \times 30 = 180 \text{kg}$
- Четвърта: без товар

2. Извършва се и измерване при което товара се вдига до горно положение и се спуска със междини спирания за да се измерят трептенията при различни начални положения на спиране.

3. Товара се вдига и спуска като се движат едновременно рамо и предрамо.

II. Задвижване на звено предрамо спрямо звено рамо посредством хидроцилиндър. Извършват се аналогични експерименти със звено предрамо, както описаните в точка I.

4. АНАЛИЗ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

На фиг.4 са представени резултатите от експеримент колона-рамо (според т.3 т.1) с товар $m=120 \text{kg}$, отразени са:

- I- Налягане в бутална област [bar];
- II- Налягане в прътова област [bar];
- III- Хо̀да на хидроцилиндъра [mm].

На кривата, отразяваща хо̀да на хидроцилиндъра се виждат 3 участъка:

- 1- вдигане на рамото;
- 2- задържане в горно положение;
- 3- спускане.

На кривата, отразяваща налягането в буталната област, се вижда, че при отваряне на разпределителя има скок на налягането при потегляне (4). При затваряне на разпределителя в горно положение се забелязва трептенето породено от еластичността на работната течност и конструкцията.

Резултатите на кривата, отразяваща налягането в прътовата област са аналогични на налягането в буталната област, само че при спускане.

На фиг.5 са представени резултатите от спускане и задържане на товар $m=180 \text{kg}$, чрез затваряне на хидравличния разпределител. На крива III - хо̀д на хидроцилиндъра - ясно се виждат участъците, в които се извършва спиране.

Криви I и II показват затихването на трептенията в буталната и прътовата област на хидроцилиндъра, породени от еластичността на хидравличната течност и конструкцията.

На фиг.6 е даден резултата от експеримент рамо – предрамо с товар $m=180 \text{kg}$. При него хо̀да на хидроцилиндъра между рамото и предрамото е по-голям. Вижда се, че времето за затихване на амплитудата и еластичността са големи.

На фиг.7 е даден резултата от експеримент рамо - предрамо без товар. При него се вижда намаляване на времето за затихване на амплитудата, еластичността е по-малка.

На фиг.8 са дадени резултати от експеримент рамо – предрамо при спиране с товар $m=120 \text{kg}$. При съпоставяне с графика за рамо колона фиг. 6 се вижда, че когато двете рамена са максимално разпънати, еластичността е най –голяма.

На фиг.9 са дадени резултати от експеримент едновременно движение на рамо и предрамо с товар $m=120 \text{kg}$. Вижда се, че налягането значително намалява, защото се разпределя между хидроцилиндрите на рамото и предрамото, а също така има наличие на значителни динамични сили.

4.ИЗВОДИ

1.Проведените експериментални изследвания показаха големи динамични натоварвания при потегляне и спиране .

2. От анализа на резултатите на експеримента се установява, че при намаляване на масата на товара или при по-малък хо̀д на хидроцилиндъра е налице намаляване на времето за затихване и амплитудата на трептене в преходните процеси.

3.Получените резултати ще послужат за определяне на параметри на хидравличната и механична системата:

- Еластичност на работната течност
- Коефициент на демпфиране

4.Резултатите за налягането и хо̀да на в хидроцилиндъра могат да се съпоставят с теоретично получените.

5. Резултатите от измерването ще послужат за оптимизация на хидравличното задвижване и механичната конструкция с цел намаляване на динамичните сили.

Литература

1.Груйчев Р., Шушулов П. Динамично изследване на преходни процеси при хидравлична товароподемна

платформа. София, Инженерно проектиране брой 1 2008.

2. **Григоров Б., Аспарухов Ст.** Траекторно изследване на хидравличен товароподобен манипулатор, Годишник на Минно-геоложки университет св. Иван Рилски – София, свитък III, София, 2003.

3. **Григоров Б., Груйчев Р.** About the dynamic behaviour investigation of a hydraulic crane with articulated beam. Thessaloniki, May 19,2007

4. www.dasylab.com

5. www.ni.com – National instrument

EXPERIMENTAL STUDY OF THE HYDROMECHANICAL SYSTEM OF LOADLIFTING MANIPULATOR

Radoslav GRUYCHEV¹ Rosen MITREV² Bojidar GRIGOROV³

¹Logistics engineering, material handling and construction equipment department, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: r_gruychev@tu-sofia.bg

²Logistics engineering, material handling and construction equipment department, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: rosenm@tu-sofia.bg

³Logistics engineering, material handling and construction equipment department, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: b.grigorov@tu-sofia.bg

Abstract: The present work aims to present real experimental study on an existing stand of loadlifting manipulator in order to examine its hydro mechanical diving system. The measured dynamical parameters are processed in order to obtain data for real dynamical processes.

Keywords: manipulator, experimental study, dynamic parameters.

ПРОГНОЗИРАНЕ ПАРАМЕТРИТЕ НА ЛОГИСТИЧНА ТЕХНИКА

Николай КАЗАКОВ¹ Алекси НИКОЛОВ²

¹катедра „Инженерна логистика, подемно-транспортна и строителна техника“, Технически университет - София, България, e-mail: nkazakov@tu-sofia.bg

²катедра „Инженерна логистика, подемно-транспортна и строителна техника“, Технически университет - София, България, e-mail: alexi.nicolov@gmail.com

Резюме: В настоящата статия се разглеждат основните параметри за извършване на прогнозирането на развитието на логистичната техника. Извършено е прогнозиране на масовия коефициент на мостови кранове с товароносимост 5 т и отвор 16,0 – 17,0 м и товароносимост 5 т и отвор 10,5 – 11,0 м. по модифициран алгоритъм.

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

В условията на нарастващата конкуренция, всяка фирма зависи от бързината на реагиране на постоянните изменения на пазара. Заради това всяко предприятие трябва да има съвременен механизъм, позволяващ осъществяването на адаптация в пазарните условия и в конкуренцията със световните производители. От друга страна всяка логистична система изисква използването на логистична техника, конкретна по параметри за всеки процес и изпълнена във време желано от клиента. Това налага оптимизация на структурата на логистичната техника и използването на прогнозирането за изграждането на конкурентни машини, обслужващи логистичния процес. Инженерното прогнозиране се осъществява в контакт с иновационния мениджър и има за цел да покаже новостите които могат да се появят в течението на прогнозируемия период [10].

В момента водещите страни (САЩ, Япония, Англия, Германия и др.) извършват задълбочена активна работа при определянето на оптималните бъдещи параметри на изделията. Редица автори като F.M.Bass, S.Davie, N.R.Draper, S.B.Lawton, P.Charlton, R.Ahmadi, T.A.Roemer, R.H.Wang, T.R.Browning, V.Krishnan и др. работят по проблема, свързвайки го с по-краткия жизнен цикъл на продукта и продуктовата стратегия. Работи се върху нови компютърни инструменти и подходи за продуктовата стратегия. Осъществяването на връзката между проектирането и конструирането, за постигане на високите пазарни изисквания налага използването на функционално-стойностния анализ, теорията на полезността и прогнозирането като основни инструменти.

Цел на настоящата работа е да се определят най-важните параметри на логистичната техника за процеса на прогнозирането и, да се покаже практически подход за разкриване на тенденциите в развитието на дадено конкретно логистично изделие (параметри, конструктивни решения и т.н.) и на базата на тях определяне на бъдещите характеристики, което да отговори на изискванията на логистичната система и на условията за конкурентност.

Известно е [1], че в наукознанието общия темп на нарастване на информационния поток се разглежда като косвен показател за скоростта на развитие на дадена област на науката и техниката. Множеството от източниците на информация, неговото дефиниране и анализ са показани в [2]. Дискутира се и интегрирана интернет среда за въвеждане и описание на патенти и конструкторски разработки, извличане и обработка на информацията за прогнозиране параметрите на логистичната техника и координиране на нуждите на организационните структури на логистичните производствени и обслужващи системи [3]. Тази среда се реализира посредством разработването на разширяема единна база на използваните маркировки с цел систематизиране и структуризиране на терминологията.

От направения анализ, за прогнозирането на логистичната техника, се предлага да се използват следните параметри: **товароподемност, скорост на транспортиране, подем и въртене; маса на машината, маса на механизмите, удобство на управление, ефективност на спиране, точност на спиране, минимален радиус на завой, среден разход на енергия за час, на-**

дежност, екологичност, габарити на машината, степен на унификация, цена, експлоатационни разходи, относително налягане на подовото покритие, среден разход на гориво на км трасе, маса на машината в заредено положение, маса на товара към маса на машината, коефициент на обемна ефективност, шум, габаритни размери на товара, режим на работа.

Тези параметри можем да бъдат разделени на три типа:

1. Количествени параметри – тегло, мощност, скорост и т.н.

2. Качествени (символични, в това число и лингвистични) параметри.

3. Относителни параметри – маса на товара към маса на машината, коефициент на обемна ефективност и др.

От друга страна параметрите можем да разделим на основни – спрямо които се извършва желаната прогноза и спомагателни – с които се извършва класифициране, сортиране и др. спомагателни операции, подпомагащи изграждането на необходимия прогнозен модел.

Трябва да се отбележи, че според характера на прогнозата, наблюденията показват, че когато искаме да разкрием общи тенденции т.е. дали дадена машина(вид) е переспективна, то тогава за прогнозирането използваме патентите и разработките на видовете, моделите на машината или съоръжението. Когато тенденцията е намаляваща, то този вид или се е изчерпил като конструкция, или настоящите параметри удовлетворяват обществените потребности. И в двата случая, това е предвестник за качествен скок.

Когато искаме да изследваме и прогнозираме конкретните параметри на дадена машина или съоръжение, то изследваме развитието на конкретния параметър на конкретната машина в конкретната фирма от проспектите на фирмата. При определяне на тенденциите се използват параметрите за цялата машина (товароподемност, енергоразходност и др).

За да има обективност и реални резултати, трябва да се работи и с относителните параметри(отношение на масата на товара към масата на машината, отношение на масата на товара към разхода на енергия, и т.н..

Относителния параметър на цялата машина е функция от аналогичните и относителни пара-

метри на нейните елементи. Нека да имаме един относителен параметър например отношение на масата на товара към масата на машината, или отношение на масата на товара към разхода на енергия. Тогава ще имаме:

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{k_i}{K}$$

където: P - относителния параметър на машината; n - брой разглеждани елементи на машината; k_i -относителния параметър на всеки разглеждан елемент на машината; K -стойността на втория (количествен)параметър на машината.

По този начин се прави прогноза за развитието на всеки относителен параметър на елементите на машината и се определят неговите тенденции. След това на базата на синергетичния ефект се търси минимум на горепосочената формула. При търсенето на този минимум се отчитат пазарните реалности и тенденции, като свързано с това се намалят стойностите на компонентите с най-високи разходи, а се увеличат компонентите с най-малки такива.

От описаното по-горе множество от параметри необходими за прогнозиране и изграждане на цялостна стратегия за развитието на определена логистична машина ще се спрем само на един параметър. Този параметър е основен, показва качеството на проектиране на дадена машина и намира приложение в различни случаи [4]. Параметърът е особено актуален заради световната кризата, поради понижението на цените на металите, и поскъпване на енергията. Тогава трябва да се проектира по –лека, от по-качествени материали и по-скъпа машина, но с по малка енергоемкост, което да дава по малки общи разходи и по-голяма печалба. Един необходим ориентир за това е масовия коефициент, който се изследва в настоящата работа.

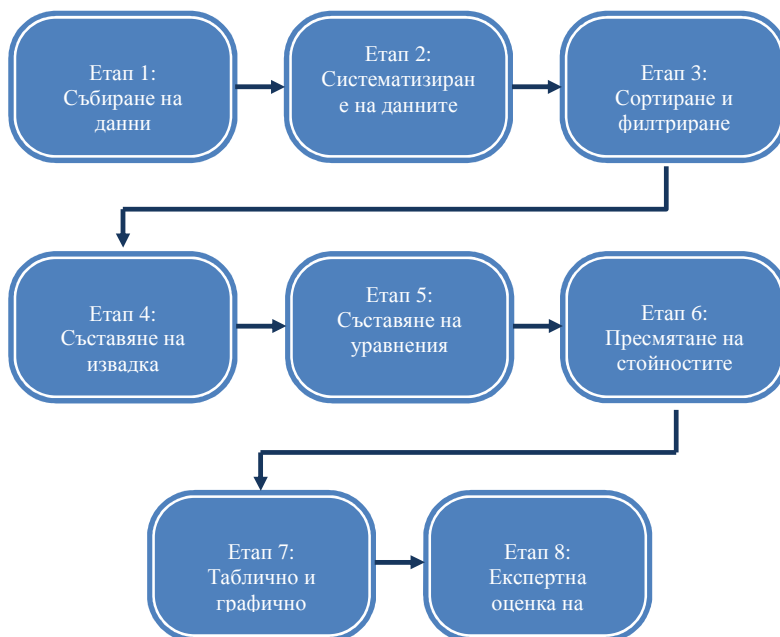
Изследваният параметър (масовият коефициент), се изразява с отношението на товароподемността на машината Q към собствената ѝ маса m , а именно:

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

В настоящата работа е извършено прогнозиране на стойностите му, конкретно за мостови кранове на база на събрани данни за тези параметри през миналите години. От голямата гама

мостови кранове е избрано за разглеждане мостов кран с товароподемност 5 тона. Получените прогнозни резултати са представени графично и таблично. За провеждането на настоящото из-

ледване на мостови кранове, се използва модифициран вариант на методиката описана в [5]., който се състои от следните етапи (фиг.1).



фиг.1.Етапи на осъществяване на прогноза

Етап 1: Събиране на данни за параметрите на избраната логистична техника, в случая мостови кранове.

Събраните данни са: Година на производство; товароподемност; отвор; височина на подем; собствена маса на машината; масов коефициент K_m , изчислен по формулата:

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

За извършване на прогнозирането са използвани данни от различни източници. Като източници са използвани брошури и проспекти на производители, технически чертежи от машиностроителни атласи, Световната мрежа, в частност, сайтове на производители, борси за продажба на употребявани машини, каталози [7,8,9,13], с цел проучване на конкретни параметри на логистичната техника, и по-конкретно, изменението им през годините.

Етап 2: Систематизиране на данните и описването им в отделни таблици.

Събраните данни са събрани в таблици в програмен продукт MS Excel с цел по-лесното им обработване, манипулиране с тях и изчисления.

Таблиците съдържат всички гореописани параметри, като е направена таблица за всички видове 5 тонни мостови кранове. Времевия интервал обхваща периода 1956 – 2007 години.

Етап 3: Сортиране и филтриране на данните по определени критерии.

В така направените таблици, данните за мостовите кранове са сортирани по следните критерии:

- а) Товароподемност
- б) Отвор на крана

Етап 4: Съставяне на извадка от данни с желаните параметри, чрез които ще се извършва прогнозата

От целия масив данни за 5 тонните кранове избираме кранове с обхват 10.5 – 11.0 и 16.0 – 17.0 м. , които са характерни за своя клас. Височината на подем е 16м. В таблици 1 и 3 са показани из-

вадки, които съдържат обобщени данни за изследваните кранове. В този етап се създават следните нови таблици за мостовите кранове:

а) Таблица, съдържаща параметрите на всички кранове с товароподемност 5 т и отвор 10,5 – 11,0 м.

б) Таблица, съдържаща параметрите на всички кранове с товароподемност 5 т и отвор 16,0 – 17,0 м.

При наличието на повече машини от една и съща година, е изчислена средната аритметична стойност на масовите коефициенти на същите, с цел получаване на една стойност на масовия коефициент за съответната година. В края на този етап, са получени данните, които подлежат на прогнозиране.

Етап 5: Съставяне на изчислителните уравнения.

Известно е, че има много начини и методи на прогнозиране. Повечето прогнози се извършват по интегриран начин, с едновременно използване на различни методи на решения, които се допълват и насочват един от друг. От друга страна, ефективността на прогнозата до голяма степен зависи от правилния избор на метод за прогнозиране. Съществуват повече от 130 начина за обработка на данните за прогнозиране [10]. В настоящето изследване ще приложим най-използваната техника, а именно “Експоненциалния метод”, който е адаптивен към изменението на прогнозните данни и дава най-точна прогноза в своя клас [6,11,12], при корекция на тренда.

Уравненията, по които ще се изчисляват прогнозните резултати по горепосочения метод са:

$$S_t = \alpha A_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$F_{t+1} = S_t + T_t$$

където неизвестните символи са: F_{t+1} - прогнозата с коригиран тренд за периода $t+1$; S_t - на-

чална прогноза за периода t ; S_{t-1} - стойността на началната прогноза от предишния период; A_t - Стойността на реалното търсене през периода t ; T_t - тренда за периода t ; β - константата на тренда. За периодите, в които A_t не е известна, се взема стойността на прогнозата от предишния период.

За прогнозиране на първия период, стойността на S_{t-1} е равна на средноаритметичната стойност на последните три или последните четири периода.

Етап 6: Пресмятане на прогнозните стойности на база на изчислителните уравнения.

Посредством MS Excel, се съставят изчислителни функции за получаването на прогнозните стойности. Правят се прогнози за двата вида машини – мостови кранове с отвор 10,5-11,0 м, мостови кранове с отвор 16,0 – 17,0м, за годините 2007 – 2012.

Етап 7: Таблично и графично представяне на резултатите.

След извършване на изчисленията, резултатите се представят в таблици и се построяват графики, отразяващи нагледно изгладените данни и наличието на тренд.

Етап 8: Експертна оценка.

Правят се изводи за получените резултати и за очакваното им развитие в бъдеще.

От анализа се данните се вижда общата тенденция, че масовия коефициент на 5 тонните мостови кранове за периода 1956-2007г. се повишава между 2 и 3 пъти.

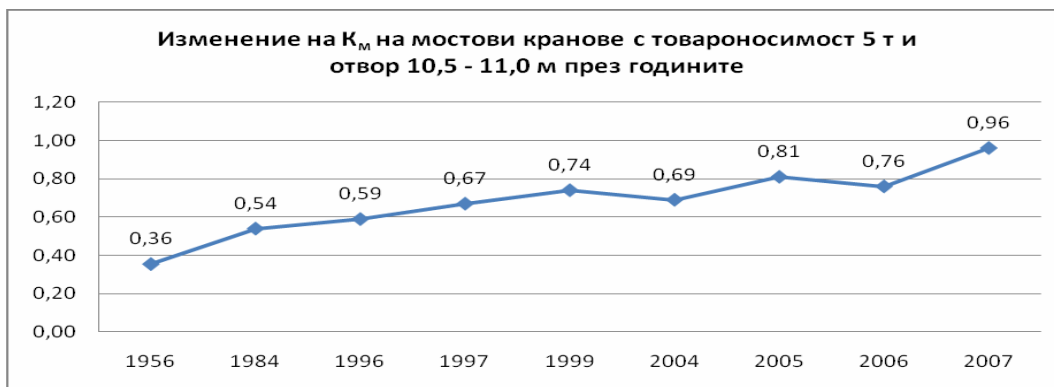
Кранове с товароподемност 5 т и отвор 10.5 – 11.0 м

От таблицата съдържаща целия масив данни за 5 тонните кранове, правим извадка, която да съдържа обобщени данни за кранове само с отвор между 10,5 м и 11,0 м. Данните са показани в табл.1. Резултатите от извършеното прогнозиране са показани в табл.2 и фиг3.

табл. 1. Среден масов коефициент на двугредови мостови кранове с отвор 10,5 – 11,0м, по години.

Година	Товароподемност, кг	Отвор, мм	Н подем, мм	Маса, кг	Среден K_m
1956	5000	11000	16000	14600	0,36

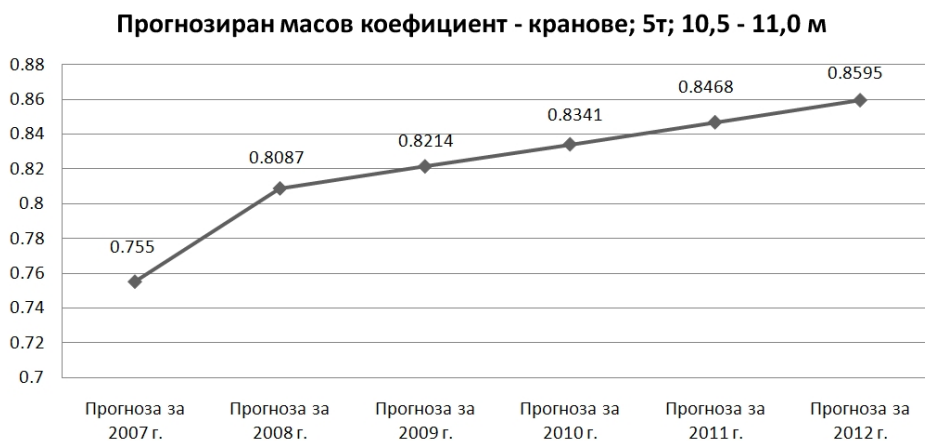
1984	5000	10500	16000	9300	0,54
1996	5000	11000	16000	8500	0,59
1997	5000	10500	16000	7500	0,67
1999	5000	10500	16000	6800	0,74
2004	5000	10500	16000	7200	0,69
2005	5000	10670	16000	6200	0,81
2006	5000	10500	16000	6610	0,76
2007	5000	10500	16000	5200	0,96



фиг.2 Графика на изменение на масовия коефициент на двугредови мостови кранове с товароносимост 5 т и отвор 10,5 – 11,0 м през годините

табл. 2. Резултати от прогнозирането на масовия коефициент на двугредови мостови кранове с товароносимост 5 т и отвор 10,5 – 11,0 м

Година	2007 г	2008 г	2009 г	2010 г	2011 г	2012 г
Реална стойност	0.96	---	---	---	---	---
Прогнозирана стойност	0.7550	0.8087	0.8214	0.8341	0.8468	0.8595



фиг.3. Графика на изменението на прогнозирания масов коефициент на двугредови мостови кранове с товароносимост 5 т и отвор 10,5 – 11,0 м.

Кранове с товароподемност 5 т и отвор 16.0 – 17.0 м

От таблицата съдържаща целия масив данни за 5 тонните кранове, правим извадка, която да

съдържа обобщени данни за кранове само с отвор между 16,0 м и 17,0 м. Данните са показани в следващата таблица и графика:

табл. 3. Среден масов коефициент на двугредови мостови кранове с отвор 16,0 – 17,0 м, по години

Година	Товароподемност, кг	Отвор, мм	Н подем, мм	Маса, кг	Среден K_m
1956	5000	16000	16000	28000	0,22
1997	5000	16500	16000	7000	0,71
1999	5000	16500	16000	8000	0,63
2004	5000	16500	16000	7700	0,65
2005	5000	16760	16000	7800	0,64
2006	5000	16500	16000	8480	0,59
2007	5000	16500	16000	5800	0,86
2008	5000	16500	16000	4850	1.03
1956	5000	16000	16000	28000	0,22



фиг.4. Графика на изменението на масовия коефициент на двугредови мостови кранове с товароносимост 5 т и отвор 16,0 – 17,0 м през годините

табл.4 Резултати от прогнозирането на масовия коефициент на двугредови мостови кранове с товароносимост 5 т и отвор 16,0 – 17,0 м

Година	2007 г	2008 г	2009 г	2010 г	2011 г	2012 г
Реална стойност	0.86	1.03	---	---	---	---
Прогнозирана стойност	0.6174	0.6782	0.7820	0.8155	0.8489	0.8823

Съгласно горепосочените формули и данните от таблицата, можем да извършим прогнозиране на масовия коефициент. Резултатите от прогнозите са обобщени в табл. 4 и фиг. 5.

Прогнозиран масов коефициент - кранове; 5т; 16,0 - 17,0 м



фиг.5.Графика на изменението на прогнозирания масов коефициент на двугредови мостови кранове с товароносимост 5 т и отвор 16,0 – 17,0 м.

Както е видно от извършеното изследване, с течение на времето през изследвания период, масовият коефициент на машините се повишава, т.е. наблюдава се тенденция при една и съща товароносимост на машините, собствената им маса да намалява. Това се дължи на нови разработки и изследвания, нови методи за изчисление на машините, появата на нови, по-леки материали, намаляване на неопределеността на периода на обслужване и намаляване на енергоемкостта.

При крановете тази тенденция ще се запазва, защото съществуват редица възможности, тъй като те се състоят от голяма метална конструкция и при използването на дори и малко по-лек материал, общата маса намалява значително.

Както се вижда от получените резултати, наблюдаването на тенденция в изменението на масовия коефициент през годините, ни дава възможност да предвидим с известна степен на точност стойностите на масовия коефициент в бъдеще. По този начин могат да се определят някои от характеристиките на бъдещото изделие, така че то да отговаря на условието конкурентноспособност.

ИЗВОДИ

1. Посочени са основните параметри за извършване на прогнозирането на развитието на логистичната техника.

2. Извършено е прогнозиране на масовия коефициент на мостови кранове с товароносимост 5 т и отвори 16,0 – 17,0 м и 10,5 – 11,0 м.

3. За провеждането на настоящото изследване е използван алгоритъм представляващ модифициран вариант на методиката описана в /5/.

Литература

1. **Казаков Н.И., А.Н. Орлов.** Прогнозиране на развитието на начините за намаляване на разпиляването на товара при еластично окачване. София, Машиностроене, 1985 г., № 12,541-542.
2. **Казаков Н.И.** Определяне на база от информационни знания, необходима за изграждане на прогнозиращ модел на промишлени изделия. С, Методика, техника, опит - бюл.на ЦИНТИ, N1, 1990, с60-64.
3. **Туджаров Б. Н. Казаков.** Web – базирани подход и средства за оптимизиране на логистична техника чрез структуриране на активи от знания, НСТech2008,30-31 октомври, 2008, София.
4. **Маричев И.Д.** Пути повишения ефективности кранов. Воронежский политехнический универси-

- тет.сб.Тезиси докладов науч.техн.конференц. 1996.20-22.
5. **Казаков Н.И., Н.Георгиева.** Методика за прогнозиране развитието на промишлени изделия. III-та национална теоретична конференция "Методологически проблеми на приложението на математическото моделиране и изчислителната техника в обществените науки и социалната практика", В.Търново, 11-13 октомври, 1989, с141-144.
6. **Казаков Н.** Логистика. Софтрейд. София, 2000
7. Фирмени брошури и рекламни каталози
8. <http://kransystem.com/> Посетен на 10.09.2010.
9. <http://www.psm-bg.com/products.php> Посетен на 10.09.2010.
10. <http://cranes.bg/mednogredovtelfer.htm> Посетен на 10.09.2010.
11. <http://koefficienta.ru/> Посетен на 10.09.2010.
12. <http://www.lokad.com/forecasting-methods-and-formulas-with-excel.ashx> Посетен на 10.09.2010.
13. <http://www.forecastingprinciples.com/> Посетен на 11.09.2010.

FORECASTING THE PARAMETERS OF LOGISTICS EQUIPMENT

Nikolai KAZAKOV¹ Aleksi NIKOLOV²

¹Logistics engineering department, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: nkazakov@tu-sofia.bg

²Logistics engineering department, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: alexi.nicolov@gmail.com

Abstract: The following article discusses the basic parameters needed for creating a forecast of the development of logistics equipment. A forecasting of the mass coefficient of overhead travelling cranes with load capacity of 5 tons and a span from 10,5 to 11,0 m and with load capacity of 5 tons and a span from 16,0 to 17,0 m was made based on a modified algorithm.

Keywords: logistics, logistics equipment, forecasting, mass coefficient

СИСТЕМИ ЗА КЛАСИФИКАЦИЯ В МАШИНОСТРОЕНЕТО

Мила КЛОЧКОВА¹ Любомир ДИМИТРОВ²

¹катедра „Машинни елементи и неметални конструкции”, Технически университет - София, България
e-mail: milaklo@yahoo.com

²катедра „Машинни елементи и неметални конструкции”, Технически университет - София, България
e-mail: lubomir_dimitrov@tu-sofia.bg

Резюме: Класификацията е важен похват за управление на набор от данни. Тя има много приложения в различни области на машиностроенето. Обхващайки различни стадии от производствения процес, като планиране на производствения и технологичния процес, точност на детайл, материал, от които е изработено изделето и др., целта ѝ е по-добър контрол и управление в рамките на дадено предприятие. Проблемът с групирането и класификацията е засяган от изследователи от различни области. Настоящата статия представя обзор на съществуващите системи за класификация в машиностроенето. Обръща се внимание на структурата от която са изградени тези системи и колко цифри използва всяка една от тях, за да представи детайл. Статията също така дава насоки коя система за какви условия е подходяща.

Ключови думи: системи за класификация, групиране, кодови структури, сериен номер

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Класификацията играе основна роля в съвременното производство. Когато говорим за класификация, един от най-важните въпроси е как и по какви признаци да се извърши групирането на елементите. По света са създадени много и различни класификации. С увеличаване обема от данни, който трябва да бъде обработен и класифициран, започват да се разработват методи за групиране и класифициране, създавайки се различни системи и програмни продукти, които могат да бъдат използвани в тази област.

Обикновено под класифициране се разбира групирането на данни по определени признаци. Като цяло, класифицирането се занимава с разделянето на един масив от данни на няколко еднородни, хомогенни групи. Признаците, по които ще се извършва класифицирането, помагат в насоката голям брой обекти да бъдат разпределени в по-малък брой групи, така че обектите от една и съща група да притежават еднакви или сходни свойства, а в различните групи тези свойства да са различни.

2. СИСТЕМИ ЗА КЛАСИФИКАЦИЯ И КОДИРАНЕ

Много системи за класификация са разработени и предложени през годините. В тази част от

статията ще бъде направен опит за преглед на част от съществуващите такива. Ние няма да спираме вниманието си на историческото им развитие, а по-скоро на различните кодови структури, а също така на плюсовете и минусите им в това голямо разнообразие от системи.

Тези системи в общи линии имат една от следните три вида кодови структури: йерархична, верижна или смесена.

2.1 Система на Opitz

Системата е разработена от проф. Opitz и неговите колеги в Техническият университет в Аахен, Германия [15]. Първоначално тази система е разработена, за да се изследват статистически машинните елементи [4]. На фиг.1 е показана схема на система Opitz. Следвайки структура „смесен код”, системата е разделена на две части – основен и допълнителен код.

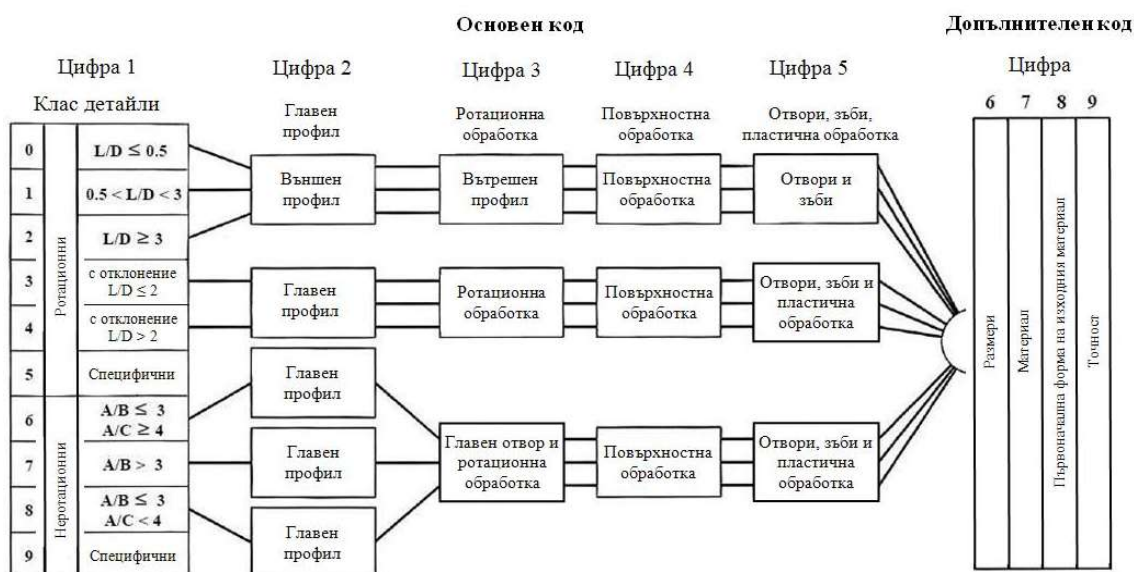
Основният код съдържа пет цифри, всяка от които характеризира:

- Цифра 1 – Клас детайли – представлява общата форма на обработвания детайл. Обработваните детайли са разделени на ротационна и неротационна група, а освен това и по размери. Ротационните детайли са разделени в зависимост отношението дължина към диаметър, неротационните - в зависимост отношението широчина към височина.

- Цифра 2 – Външен профил – отговаря на съответните очертания на детайлите и зависи от цифра 1. Като външни идентификационни характеристики се разглеждат: стъпала, конуси, гладки контури, резби и канали.
- Цифра 3 – Вътрешен профил – отговаря на съответните вътрешни форми и главни отвори, и също така зависи от цифра 1. Вътрешната форма

може да е плътна, пробита с един размер диаметър или стъпаловидно пробита. Тук също са включени резби и канали.

- Цифра 4 – Повърхностна обработка – характеризира повърхностната равнинна механична обработка на детайла.
- Цифра 5 - Спомагателни отвори и видове зъбни колела.



фиг.1 Класификация на детайли и система на кодиране на Opitz [15]

За еднозначна класификация на детайлите е необходима повече информация, която е включена в допълнителният код. Той се състои от четири цифри, които описват:

- Цифра 6 - диаметър или дължина на детайла.
- Цифра 7 – материал на обработвания детайл.
- Цифра 8 – първоначална форма на изходния материал (цилиндричен прътов материал, тръби, листови или отливки).
- Цифра 9 – точност на детайла. Избраното число характеризира изисквания за точност към характеристиките на детайлите, описани в основния код.

Системата Opitz е подходяща за търсене на чертеж, като това се дължи на нейната конкретност при класификацията на отделни характерни форми на съставните елементи. Включването на

вторични операционни кодове може да доведе до семейства с подобни производствени процеси.

Недостатък на системата е, че формата на признаците са подробни и изискват много таблици за подпомогне процеса на кодиране. Тази система описва много добре завършен детайл, но не предоставя потенциални възможности за управление на производствените запаси или там, където е необходима рутинна.

2.2 Системи MICLASS и MULTICLASS

През 1969 г. MICLASS е разработена от Холандската организация за приложни научни изследвания, за да се подпомогне автоматизирането и стандартизирането на няколко различни процеса: проектиране, производство и управление, т.е. тя има за цел да стандартизира работните чертежи и процеси, да автоматизира планирането на производствения процес и да осигури метод за

анализиране на машинната инструментална екипировка. Тя има структура „верижен код” и използва 12 цифри. Разработено е кодиране в диалогов режим, което позволява извличане на информация от бази данни за CAPP, CAD, приложни програми за производствено планиране и разпределение на производствени клетки [10,12,17]. Структурата на кода е:

- Цифра 1 - Основен профил.
- Цифри 2 и 3 - Профил на елементите.
- Цифра 4 – Позиция на профила на елемент.
- Цифри 5 и 6 - Основни размери.
- Цифра 7 – Съотношение на размери.
- Цифра 8 - Спомагателен размер.
- Цифри 9 и 10 – Допустими и окончателни обработки.

- Цифри 11 и 12 – Кодове за материали.

Система MICLASS е подходяща за извличане на чертежи. Недостатъци - кодът е дълъг и някои признаци, като спомагателните размери, биха могли да бъдат ограничени за изтегляне.

Система MULTICLASS е следваща версия на система MICLASS и е проектирана, като част от цялостна програма за групови технологии [4,8]. Тази система прави възможно вписването на параметрите на детайл бързо и лесно в стриктно организирана структура, която ефективно поддържа и подпомага извличането и анализа на съхранената информация. MULTICLASS може да се използва за извличане на информация и за образуване на семейства детайли, въз основа на общи признаци. Потребителят може да извлича детайли чрез ключови думи, признаци, отличителни индивидуални характеристики, номера на детайл, класификационни номера или други показатели. Системата използва широко разпространени термини приспособими към технологичните процеси в дадена компания.

Първите 12 цифри на системата MULTICLASS са с универсален характер и могат да се използват за всеки обработван детайл или заготовка. В системата са предвидени още 18 цифри, наречени допълнителни кодове. Те се използват за данни, които са специфични за производството в даден завод или отрасъл. Тези допълнителни цифри осигуряват гъвкавост за приспособяване на общите приложения, като например: размер на серията, данни за себе-

стойността, последователност на работните операции, функция на детайла и др. [8,16]

Едно от изключителните свойства на системата е, че детайлите могат да се кодират с помощта на компютър, използвайки компютърна програма, която дава пряк контакт с потребителя. За да класифицира даден чертеж на детайл, потребителят отговаря на редица въпроси, поставени от компютъра. Броят на въпросите зависи от сложността на детайла. За лесен детайл са необходими най-малко седем въпроса, а за детайл със средна трудност броят на въпросите варира между десет и двадесет. Въз основа отговорите на въпросите, компютърът автоматично определя код на детайла. Този софтуер е наличен в отделни модули, които могат да бъдат свързани. [2,8,16,17]

2.3 Система КК-3

Система КК-3 е разработена от Японското дружество за развитие на машиностроителна промишленост. По принцип е универсална класификация, използваща 21 цифри за кодиране, но се употребява главно в сферата на изделия обработвани на металорежещи и шлифовъчни машини. Структурата на системата е така организирана, че дава много повече подробности за детайл. Например КК-3 може да класифицира 100 функционални обозначения за ротационни и неротационни детайли. 13 цифри (от 5 до 17) се използват за класифициране профила на елемента и вида технологичен метод. Дори могат да бъдат дадени повече данни за детайл използвайки системата КК-3 съпоставено със системите CODE или Opitz. [6-8,13,19,21]

2.4 Система CODE

Първоначално системата е разработена от Allis-Chalmers [10,18]. Съставена е от 8 цифри и следва структура „смесен код”. Всяка цифра описва 16 различни признака, използвайки буквено-цифрови символи (числата от 0 до 9 се използват за първите 10 цифри, а символите – А, В, С, D, Е и F, се използват за останалите 6 цифри). Това позволява повече информация да бъде представена със същия брой цифри. Използва се за описване както на признаците за форма, така и на признаците за производство. [4,16,19]

Цифра 1, посочваща основната геометрия на детайла, е т. нар. основен участък на система CODE. Тази цифра се използва, за да уточни дали профила е цилиндър, плосък детайл, паралелепипед или друг. Тълкуването на останалите седем цифри зависи от стойността на цифра 1, но останалите цифри са със структура „верижан код“ [8].

Система CODE може да се използва ръчно, с чертежи картотекирани по кодов номер и т.н., но може да се използва и чрез компютър, с определен класификационен номер, осигуряващ достъп до база данни, съдържаща информация за конструктивните и технологични признаци. Въпреки това Schaffer открива недостатък, че производствената информация, като изисквания за производствените технологични процеси, не могат да бъдат включени в кода [4].

Първоначално тази система е създадена с цел да извлича чертежи, но може да се използва и за други приложения на груповата технология. За производствените процеси може да се направи заключение само от профила на детайла. Употребата на буквено-цифров код може да доведе до входни грешки. Схемите на кодиране са обширни и подробни. Голяма част от информацията в кода може да бъде открита в чертежа на детайл. Основното предимство е, че тази система може да бъде компютризирана.

2.5 Система DCLASS

Система DCLASS е разработена от Del Allen в Brigham Young University, Юта, САЩ. Състои се от 8 цифри, които са подразделени на пет сегмента в кодовия номер. Първият сегмент се състои от три цифри, които се използват за обозначаване на основния профил на детайла. Вторият сегмент показва признаците за форма, които ще отговарят на сложността на детайла, включвайки дори топлинна обработка и специални покрития. Сложността се определя от броя на специалните признаци. Третият сегмент включва габаритните размери на детайла. Четвъртият – точност на детайла. Последният сегмент е изграден от две цифри, които отговарят за вида използван материал за изработка на детайла. [8]. Системата следва структура „йерархичен код“, която генерира кодове за детайли, материали, производствени процеси, машини, и инструменти

[19]. В DCLASS всяко разклонение съответства на признак, а стойността на даден код се намира в края на всяко разклонение, т.е. там където едно разклонение се свързва с друго. Многократното преминаване през структурата, позволява цялостния код да бъде открит. В действителност DCLASS е повече от система за класифициране и кодиране, тъй като тази компютризирана система има основна цел да обработва класификацията и логическото решение, т.е. да управлява база данни, или с други думи използва се хем като система за класификация, хем като умение за взимане на решения [1], а също така би могла да приспособи съществуваща система на кодиране, която не е компютризирана, като например система Opitz [4,7]. Според потребителите, система DCLASS има добри средства за кодиране и извличане, но задачата на въвеждащия данните, формулиращ логиката на системата, отнема време, тъй като той трябва да подготви кодове за всеки детайл [4,6,20]. Щом веднъж се класифицира елемента, то конструирането и производството стават по-лесно. В кода могат да присъстват и други признаци, като материал и функционалност. Образците на отвори, шпонкови канали, и друга информация за признак може да се използва за по-нататъшна класификация [3].

На практика система DCLASS обикновено е персонализирана за определен обхват от детайли или е в съответствие с изискванията на даден завод. Тъй като система DCLASS има структура „йерархичен код“, е лесно да се направят допълнителни разширения. Това е и една от причините системата да е така податлива на промени според нуждите в дадена сфера.

2.6 Система BМCODE

Система BМCODE се базира на система DCLASS. Тази система е изградена от следните схеми на кодиране за: семейство детайли; монтаж на детайли; технологичен метод на обработка, технологична екипировка и други [1,14].

2.7 Система RNC

Система RNC е разработена за General motors. Състои се от 6 цифри. Има структура „йерархичен код“ [8].

2.8 Система VUOSO-Praha

Системата VUOSO [9,21] се състои от 4 цифри и има структура „смесен код”. Първите три цифри следват структура „йерархичен код” и класифицират профила на детайл, включвайки размери и съотношения. Четвъртата цифра е с „верижен код” и определя материала.

Системата се използва основно за класификация на необработени детайли, за да установи цеха, в който ще бъде произведен детайла [7]. Кодиращата структура е, както следва:

- Цифра 1 - Семейство детайли. Описва ротационни, плоски и несиметрични, наподобяващи кутия и други немашинно обработени детайли.
- Цифра 2 - Клас детайли. Описва съотношения на размерите.
- Цифра 3 - Група детайли. Описва всички външни и вътрешни профили.
- Цифра 4 - Материал.

Системата VUOSO предоставя повече подробности относно класифицирането на ротационни детайли, отколкото на неротационни. Поради това, за някои комбинации от конструктивни особености на детайлите може да бъде затруднено присвояването на специфична стойност за цифра 3. Кодът притежава всички качества, за да бъде основен – класифицирани са постоянните отличителни белези за форма, размер и материал. Заводи изискващи повече подробности относно кодирания елемент трябва да се обърнат към системи на кодиране като KK-3, Opitz, MULTICLASS и подобни.

2.9 Система VUSTE

Системата VUSTE [9] е изградена от 4 цифри, следвайки структура „смесен код”. Цифри 1 и 2 са структурирани йерархично, докато цифри 3 и 4 - верижно. Кодовете в нея описват:

- Цифра 1 – Семейство детайли - ротационни, листови или неротационни монолитни детайли.
- Цифра 2 – Клас детайли - описва външния профил на детайлите.
- Цифри 3 и 4 – Група детайли – описва вторични конструктивни особености на формата, като резби, зъбни колела, шпонкови канали, отвори и отверстия.

В тази система не са включени подробности за размер, съотношения или материал. Семейства създадени чрез тази система на кодиране са до известна степен обширни за целите на намаляване на разновидностите. Липсата на информация за размерите и материалите може да бъде недостатък при групиране на детайлите за производство. Системата е предназначена за класифициране предимно на неротационни детайли.

2.10 Система Brisch

Система Brisch [9,11] е предназначена за извличане на чертежи и редуциране на разновидностите. Основния код съдържа от 4 до 6 цифри и следва структура „йерархичен код”. Системата е разработена да класифицира всички артикули от номенклатурата в едно предприятие. Вторичните кодове са на разположение при класификацията на детайли от гледна точка на изискванията при производството им. Система Brisch се пригажда за нуждите на предприятие. Класификацията започва с извършване на проучване в завода, с цел определяне на капацитетните изисквания към кода и специфичните изисквания [5].

Системата на кодиране е следната:

- Цифра 1 - вид артикул, класифициран като материали, закупени продукти, произведени продукти и монтажни възли.
- Цифра 2 – зависеща от първата. Например: за произведен детайл (цифра 1 = 3) със симетрична, цилиндрична и стъпалообразна форма, цифра 2 ще има стойност 4.

„Външните кръгове” са допълнително разделени, за да се предостави повече информация за елементите. Вторичните кодове имат структура „верижен код”. Те идентифицират отличителни белези на външни и вътрешни повърхности, производствени операции и размери на класифицираните части.

Системата Brisch е полезна за извличане на чертежи, но при употребата ѝ се срещат проблеми. Отличителните белези на формата не винаги са еднозначно определени. Друг проблем е, че в кода са включени непостоянни отличителни белези, като технологичните процеси.

2.11 Система Gildemeister

Системата се състои от 10 цифри, като първите четири определят профила на елемента, а

следващите шест цифри - реалните размери. Профилът на детайл се описва първо чрез неговата начална, немеханично обработена форма и след това чрез формата на неговите осови линии. Използвайки отделни таблици на кодиране за всички аксиални групи, цифри 3 и 4 описват допълнителни признаци на формата [9].

Кодът е труден за следване, тъй като ротационни и неротационни детайли са смесени в главните групи. В цифра 1 са включени признаци, например резбови отвори, които по принцип се разглеждат извън структурата на основния код. Освен това материала, от който е изработен детайлът е пропуснат.

2.12 Система IAMA

Система IAMA [9] е разработена в Югославия и съдържа код от 8 цифри. Структурата ѝ е сходна със структурата на система Opitz. Система IAMA е разработена предимно за детайли, изработени чрез леене или деформиране, докато системата на Opitz е ориентирана към машинно обработвани детайли. Друга разлика е, че размера и материала са включени по-скоро в основния код, отколкото в допълнителния код.

Системата от 8 класа е разпределена в пет подгрупи, състоящи се от: отлети детайли; формовани детайли и листово изрязани от ламарина; формовани детайли и огънати от профилни строителни материали и продукти; пружини; неразглобяеми съединения.

Системата се опитва да направи съгласуване между способностите за извличане на чертеж и производство. Добавянето на сериен номер позволява системата IAMA да се използва за идентификация на детайл, и поради тази причина е подходяща за извличане на чертеж. Извличането на чертеж е до известна степен ограничено поради липсата на подробности за някои признаци на формата. Системата дава възможност за групиране на детайли за производството им, но е нужно да се разработят вторични допълнителни кодове, ориентирани към производството.

2.13 Система KС1

Системата KС1 се състои от 5 цифри. Има структура „смесен код”. Схемата за класифициране на отделните части е сходна със система

VUOSO [9]. Кодиращата структура е, както следва:

- Цифра 1 - Вид детайл. Описва ротационни, плоски и несиметрични, наподобяващи кутия и други не-машинно обработени детайли.
- Цифра 2 - Клас детайл. Описва измеримите съотношения, т.е. размерите.
- Цифра 3 - Група детайл. Описва всички външни и вътрешни профили.
- Цифра 4 - Материал.
- Цифра 5 – Точност на детайла.

Системата е предвидена предимно за ротационни детайли и има ограничени възможности да обхваща по-голям брой отличителни белези за профилите на детайлите. Резбите са включени в основния код, въпреки че би било по-подходящо да са допълнителен отличителен белег.

2.14 Система Niitmash

Система Niitmash [9] се състои от 10 до 15 цифри по дължина, плюс сериен номер. Следва структура „йерархичен код”. Първо детайлите са разделени в класове въз основа на принципни конструктивни характеристики или по име. Тъй като детайлите са класифицирани предимно по име, отделни профили на детайли могат да се интерпретират погрешно имайки многобройни имена. Всеки един от класовете е подразделен и има табличен код. Кодовете описват:

- Цифри 1-2 - Основен клас - избран от списъка.
- Цифра 3 – Конструктивна разновидност.
- Цифра 4 - Признаци за външната форма.
- Цифра 5 – Вторични признаци за външната форма.
- Цифра 6 - Материал.
- Цифри 7-9 - Сериен номер.
- Цифри 10-11 - Диапазон на размерите.
- Цифри 12-13 - Първоначална форма на изходния материал.
- Цифри 14-15 - Незадължителни, точност на детайла и окончателна обработка на основната повърхност.

Кодът е полезен за идентификация на детайл и извличане на чертеж, при условие че са разработени стандартни наименования на детайлите. Отличителните белези на профила съдържат

важни подробности, много от които могат да бъдат открити в чертежа на детайла.

2.15 Система PGM

Система PGM [9] е разделена на две части - основен и допълнителен код, и следва структура „смесен код“. Основният код се състои от 6 цифри, а допълнителният от 4. Структурата е много сходна с тази на Opitz. Разликата е, че тук имаме една допълнителна цифра, която може да бъде открита между цифра 1 и цифра 2 от основния код на Opitz, описваща произхода на основната форма (посредством леене, коване/щамповане, всякакви операции преди обработване на машина). Кодиращата структура за основния код е, както следва:

- Цифра 1 – Обща форма на обработвания детайл. Детайлите са разделени на ротационни и неротационни групи, а също така и по размер. Ротационните детайли са разделени в зависимост от отношението дължина към диаметър, с което се идентифицират диско- и валоподобни детайли. Неротационните детайли са разделени в зависимост от отношението широчина към височина.

- Цифра 2 - Произход на основната форма. Произходът зависи от общата форма на детайла (цифра 1).

- Цифра 3 - Външен профил и съответна форма на елементите. Зависят от цифра 1. Като външни идентификационни характеристики се разглеждат стъпала, конуси, гладки контури, резби и канали.

- Цифра 4 - Вътрешен профил или главни отвори. Също зависи от цифра 1. Вътрешната форма може да е плътна, пробита с една стойност на диаметъра или стъпаловидно пробита. Тук също са включени резби и канали.

- Цифра 5 - Повърхностна обработка – характеризира повърхностната равнинна механична обработка на детайла.

- Цифра 6 – Спомагателни отвори и видове зъбни колела.

За еднозначна класификация на детайлите е необходима повече информация, която е включена в допълнителен код, идентичен с допълнителния код на Opitz.

Системата PGM може да се използва за извличане на чертежи, но е ориентирана повече към производството.

2.16 Система Pittler

Система Pittler [9] използва 9 цифри за пълния номер на чертежа, но само три цифри определят профила на детайла и те са със структура „иерархичен код“. Цифра 1 е разбита на десет главни групи класифициращи обозначението на детайлите или функцията им. Цифри 2 и 3 са групирани съобразно профила на детайлите. Цифри 4 и 5 създават серийния номер за уникална идентификация. Цифри от 6 до 9 описват монтажът, при който се използва детайла и формата на чертежа. Кодът е до известна степен полезен при идентификацията на детайли, но без стандартизация на наименованията един и същ детайл може да има няколко различни имена. Освен това размерите и материала на детайла са пропуснати.

2.17 Система Stuttgart

Структурата на тази осем-цифрена система е „верижан код“. Системата е основана на производството и принципно е предназначена за класифициране на приспособленията за закрепване на обработвания детайл и инструменталната екипировка. Кодът описва само едно установяване на детайла. Детайл, изискващ например три отделни стругарски операции ще има нужда от три отделни осем-цифрови кода от различни таблици за кодиране. Допълнителна цифра трябва да се използва преди всеки код, за да се посочи типът на разглежданата машина [9].

Тази система не е подходяща за идентификация на детайли и за извличане на чертеж. Все пак, ако се използват допълнителни кодове, като тези използвани в система Opitz, след основния код насочващ за чертежа, след това могат да бъдат открити производствени семейства.

2.18 Система Toyota

Система Toyota е разработена в Япония. Съставена е от десет-цифров код, включващ не само признаци за профила, но и за производството. Разделена е в три части: код име (2 цифри), код профил (4 цифри), код размери и технологични процеси (4 цифри). [9]

Системата се състои от:

- Цифра 1 – Първоначална класификация – ротационни или неротационни.
- Цифра 2 - Код име – общи означения или признаци за ротационни и неротационни детайли.
- Цифри 3 - 6 – Код профил - йерархично образуван.
- Цифри 7 - 8 – Код големина/размер.
- Цифра 9 – Код материал.
- Цифра 10 - Производствени процеси.

Системата не е проектирана да се използва самостоятелно, а като допълнение към изходните номера на детайлите. Имената на класовете не са взаимно изключващи се и някои сходни артикули (например: бутални прътове, валове и оси) са кодирани различно.

2.19 Система VPTI

Система VPTI използва три-цифров основен код, плюс което и да е число от двуцифрените кодове за признаци. Системата е създадена за прилагане на принципите на груповата технология на поточни линии. Акцентът е поставен върху описване на различни профили на елементи от съставна част с цел обединяване на различните елементи, изискващи общ работен процес. Системата е проектирана така, че кодът да е с променлива дължина [9].

В основния код, цифра 1 разделя детайлите в пет типа въз основа общия им профил и размерите им. Цифра 2 дава реалните размери и зависи от цифра 1. Кодовете са описани в основата на схемите от 0 до 9. Цифра 3 се използва да класифицира точността на детайла и термообработката.

Признаците при машинно обработване на повърхността са класифицирани като допълнителни кодове следвайки основния код. Кодовете са двуцифрени. Кодът се използва въз основа на допускане, че елементи с подобен профил ще бъдат произведени по един и същ начин – предположение, което е само частично вярно.

Системата в този си вид е много слаба за идентификация на детайли и за извличане на чертежи. Все пак, ако се приложи сериен номер към основния код, идентификацията на детайлите би станала малко по-ефикасна. Трябва да се внимава, когато се работи с код, който има променлива дължина.

2.20 Система ZAFO

Разработената от Zimmerman, система ZAFO [9] е много подробна – съдържа общо от 20 до 26 буквено-цифрови символи. Кодът следва структурата „смесен код“.

Първите десет цифри се използват за описване на основната геометрия и за допълнителни характеристики на първата група. Първите три цифри йерархично описват основния профил. Примери за втори подклас признаци са издатини и вдлъбнатини, нарезни и зъбни колела. Примери за трети подклас отличителни белези са назъбвания и падини.

Значителен недостатък за използването на системата е трудното ѝ приложение. Необходими са най-малко тридесет таблици и схеми, като справочен апарат за класификация. Кодирането на детайл с 26 символа неизбежно води до входни грешки и грешки при четене.

2.21 Система Auerswald

Система Auerswald се състои от 4 цифри [9]. Профилът на детайл зависи от работния процес, използван за производството на този профил. Цифра 1 разделя детайлите съобразно основния профил на сбития участък. Цифра 2 посочва върху коя част от детайла е извършено сплескването. Освен това в следствие детайлът е групиран според профила на деформация. Производствените методи също са описани. Те се състоят от различни комбинации на процесите - сплескване, екструзия и сбиващи процеси. Цифра 3 може да получи над 9 стойности.

Системата е разработена за по-удобно производство чрез групиране на елементите въз основа на подобие в матрици, приспособления и последователност на производствените операции.

2.22 Система Гуревич

Система Гуревич използва общо 9 цифри [9]. Кодът е описан по следния начин:

- Цифра 1 – Материал – от който е изработен детайла.
- Цифри 2-4 – Профилни признаци на детайла.
- Цифра 5 - Метода на шамповане.
- Цифри 6 и 7 – Тип и производителност на оборудването за шамповане.

- Цифри 8 и 9 – Теглото на обработвания детайл.

Системата обхваща основните признаци, влияещи върху конструкцията на шампованите детайли. Някои характеристики влияят също на конструкцията на шампата и на производствените методи, което се използва при групиране на детайлите за шамповане.

2.23 Система Spies

Система Spies се състои от 4 цифрен код, използващ матрична структура. Първите три цифри описват профила на детайла, а четвъртата - размера на детайлите от някои класове за профил.

Три основни класа за профил са определени (плътни, плоски дискове, дълги детайли), като в последствие те са подразделени чрез основните признаци за профил и допълнителни характеристики. Цифра 4 се използва за клас 3 правоъгълни детайли и се определя от съотношението на широчина към височина[9].

Системата е отправна точка за намиране на шамповани детайли със сходна конструктивна конфигурация и производствени процеси. Добавянето на информация за материал и сериен номер, ще увеличи възможностите за извличането на чертежи и групирането на детайлите при производството им.

2.24 Система Walter

Система Walter [9], както и система Spies, има за цел да обедини детайлите, изискващи подобни операции при производството им и имащи подобни конструктивни характеристики. За определяне на профила се използват 3 цифри, плюс 2 цифри по избор. Формулирани са три основни класа за профил към цифра 1: плътни, плоски и дълги детайли. Цифра 2 изобразява допълнителни признаци. Симетрията на детайл по главна ос е описана също в цифра 2. Цифра 3 описва напречния разрез на детайл. Детайлите от трети клас са снабдени с две допълнителни цифри, показващи съотношението широчина към височина, а също описва три типа извивки по главната ос.

Системата осигурява основа за намиране на детайли със сходни конструктивни признаци и производствени процеси. Прибавянето на информация за материал и сериен номер ще по-

добри извличането на чертежи и производственото групиране.

2.25 Система Malek

Системата Malek се състои от 12 цифри [9]. Тези цифри образуват структура „смесен код”. Признаците за профила са представени в матричен формат и позволяват лесно извличане на чертежи. Кодът е описан по следния начин:

- Цифри 1-3 – Вид материал (взети от Чешката национална система на кодиране).
- Цифра 4 - Състав на материала.
- Цифра 5 - Тегло [кг].
- Цифра 6 – Вид профил.
- Цифра 7 – Общ профил и пропорции.
- Цифра 8 – Допълнителни признаци за профила.
- Цифра 9 - Точност на детайла.
- Цифра 10 - Материал - технологични характеристики, като якостни характеристики и свойства за цветни метали и стомани.
- Цифра 11 - Размери и съотношения.
- Цифра 12 - Максимален размер (класове от 2 до 9, които са с тегло по-голямо от 8 кг).

Тази система за кодиране покрива повечето видове отливки и е много полезна за извличане на чертежи и групиране на продукцията при производство.

2.26 Система Puschman

Система Puschman е съставена от 3 цифри [9]. В цифра 1, детайлите са класифицирани в съответствие с четири основни класа профили (без ръб, с правилен ръб перпендикулярен на основата, с правилен ръб, който не е перпендикулярен на основата и с неправилен ръб). Цифра 2, наречена група на профила, описва профила или напречното сечение на формования детайл. Цифра 3, наречена подгрупа, класифицира допълнителни признаци (фланци, кухини, издатини).

Системата Puschman може да класифицира само детайли, които са създадени посредством процесите шанцоване на изделия от листов материал и изтегляне на ламарина. Огъването не е включено. Тази система, със серийни номера на детайлите, може да бъде полезна за извличане на чертежи и за производствено групиране. Това може да се подсили чрез добавяне на размер и материал на детайла.

2.27 Система Salford

Системата Salford, предназначена за листов метал, е шест-цифрена система за кодиране насочена към рационализиране конструкцията на инструментите за пресова обработка. В системата е направено класифициране на елементите посредством тези характеристики, които влияят на конструкцията на матрицата и на производствените технологии [9]. Системата на кодиране е следната:

- Цифра 1 – Клас инструменти.
- Цифра 2 - Външен профил.
- Цифра 3 - Вътрешен профил.
- Цифра 4 – Геометрия или основни характеристики.
- Цифра 5 - Технологични характеристики, описващи броят извивки и/или диаметри.
- Цифра 6 – Фактор на сложност.

Цифра 2 следва йерархично след цифра 1. Останалите цифри са със структура „верижан код”.

Системата е предназначена по-скоро за технологичните признаци, отколкото за профила. Класът с инструментална екипировка би могъл да бъде по-скоро допълнителен признак, отколкото избран в основния код. По този начин, детайлите биха били идентифицирани по-скоро чрез признаците за профил, водейки до извличане на чертежи и образуване на семейства. Класът с инструментална екипировка, като допълнителен признак би помогнал в класифициране на продукцията.

3.ИЗВОДИ

Класифицирането е от изключително значение за ефективността на едно предприятие, като и определянето на признаците и параметрите, по които ще се извърши групирането. Важна посока на изследване в тази връзка е да се намерят начини за подпомагане на потребителя в избора на правилните параметри за групиране.

От разгледаните системи за класифициране ясно се вижда, че независимо колко универсална е дадена система, тя се нуждае от допълнителна адаптация за определен клас детайли, определено производство или определена производствена среда.

Въпреки че известните техники за групиране и съответните им системи за класифициране могат да помагат при решаването на широк спектър от проблеми в инженерството, те все още не се прилагат масово, особено в България. Предвид тези предизвикателства, в бъдеще може да се очаква по-нататъшно развитие на изследванията за групиране и класифициране в машиностроението.

Литература

1. **Ahmad, M., Sullivan, W.** Flexible Automation and Integrated Manufacturing, CRC Press, 1993.
2. **Alavudeen, A., Venkateshwaran, N.** Computer Integrated Manufacturing. PHI Learning Pvt. Ltd, 2008.
3. **American Society of Mechanical Engineers.** Journal of engineering for industry. Transactions of the ASME, American Society of Mechanical Engineers, 1988, Vol. 110.
4. **Bauer, A. et al.** Shop floor control systems: from design to implementation. 2nd edition, Chapman & Hall, 1994.
5. **Burbidge, J.** The introduction of group technology. Heinemann Press, London, 1975.
6. **Chang, T.-C., Wysk, R.** An introduction to automated process planning systems. New York, Prentice-Hall, 1985.
7. **Chang, T.-C., Wysk, R., Wang, H.-P.** Computer-aided manufacturing. 2nd edition, Prentice Hall, New York, 1998.
8. **Elanchezian, C., Selwyn, T., Sundar, G.** Computer Aided Manufacturing. 2nd edition, Firewall Media, 2007.
9. **Gallagher, C., Knight, W.** Group Technology. Butterworth and Company Ltd., London, 1973.
10. **Gallagher, C., Knight, W.** Group technology production methods in manufacture. Ellis Horwood Limited, Chichester, England, 1986.
11. **Gombinski, J.** Fundamental aspects of component classification. Annals of the CIRP, 1969, 17: 367-375.
12. **Hyer, N., Wemmerlöv, U.** Group technology oriented coding systems: structures, applications and implementation. Production and Inventory Management, 1985, 2nd quarter, pp. 55-78.
13. **Narayan, K., Rao, K., Sarcar, M.** Computer aided design and manufacturing. PHI Learning Pvt. Ltd, 2008.
14. **Nof, S., Wilhelm, W., Warnecke, H.-J.** Industrial assembly. Chapman & Hall, London, Weinheim, New York, 1997.
15. **Opitz, H., Wiendahl, H.-P.** Group technology and manufacturing systems for small and medium quantity production. International Journal of Production Research, 1971, 9: 181-203.
16. **Radhakrishnan, P., Subramanyan, S., Raju, V.** CAD/CAM/CIM. 3rd edition, New Delhi, New Age International, 2008.
17. **Rao, P., Tewari, N., Kundra, T.** Computer aided manufacturing. Tata McGraw-Hill, 1998.

18. **Rembold, U., Blume, C., Dillmann, R.** Computer - integrated manufacturing technology and systems. Marcel Dekker, New York, 1985.

19. **Sandoval, F., Dorantes, D.** Conceptual design of a flexible manufacturing system by means of a geometrical and technological characterization approach. In: Trends in computer science, Nova Science Publishers, Inc, 2004.

20. **Snead, C.** Group technology: foundation for competitive manufacturing. Van Nostrand Reinhold, 1989.

21. **Zhang, H.-C., Alting, L.** Computerized manufacturing process planning systems. Springer, 1994.

CLASSIFICATION SYSTEMS IN MECHANICAL ENGINEERING

Mila KLOCHKOVA¹ Lubomir DIMITROV²

¹Machine Elements and Non-metallic Constructions dept., Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: milaklo@yahoo.com

²Machine Elements and Non-metallic Constructions dept., Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: lubomir_dimitrov@tu-sofia.bg

Abstract: Classification is an important technique for managing data set. It has many applications in various fields of engineering. Covering different stages of the production process, such as production planning and process planning, tolerances, material from which the part is made, etc., with the purpose for better control and management within an enterprise. The parts classification problem has been addressed by researchers from many disciplines. The current paper presents an overview of existing classification systems in mechanical engineering. Attention is paid to the structure of which these systems are built and how many numbers of symbols used each of them to provide a detail. The paper also gives directions which system is appropriate for what conditions.

Keywords: classification systems, grouping, coding structures, serial number

МЕТОДИКА ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПРЕСТОЯ НА ТРАНСПОРТНИ СРЕДСТВА В ГАРОВ КОНТЕЙНЕРЕН ТЕРМИНАЛ С ОТЧИТАНЕ НА СЛУЧАЙНИЯ ХАРАКТЕР НА ПРОЦЕСИТЕ

Светослав МАРТИНОВ

катедра „Железопътна Техника“, Технически университет - София, България
e-mail: s.martinov@tu-sofia.bg

Резюме: Методиката позволява да се определи престоя на транспортните средства в гаров контейнерен терминал, който се представя като система за масово обслужване. Технологичните процеси в терминала се разглеждат при групово обслужване на контейнерните блок влакове и индивидуално обслужване на автомобилите-контейнеровози от надеждни обслужващи устройства с еднаква производителност.

Ключови думи: контейнерен терминал, система за масово обслужване, контейнерен блок влак.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Процесите, протичащи в гаровите контейнерни терминали (ГКТ), позволяват те да се представят като системи за масово обслужване (СМО) и да се изследват различни параметри, свързани с функционирането им.

Престоят на транспортните средства (ТС), обслужващи ГКТ е параметър, позволяващ да се оцени ефективността на работа на системата „Гаров контейнерен терминал“, да се проектират технологични и технически параметри на терминалите, както и да се изследват икономически показатели, свързани с престоя на автомобилите контейнеровози (АК) и контейнерните блок влакове (КБВ).

2. ОСНОВНИ ПОЛОЖЕНИЯ

ГКТ се разглежда като недетерминирана СМО, без отказ, без приоритет и с неограничена опашка от страна на постъпващите заявки. Входящите потоци от КБВ и АК са поасонов и времето за обслужване на една заявка е разпределено по експоненциален закон. При определяне на параметрите на терминала, разглеждан като СМО се отчита, че линейните КБВ, обслужващи междинни ГКТ, превозват и голямотонажни контейнери (ГТК), които не са предназначени за манипулиране в тях. Изчисленията за конкретен ГКТ се извършват за контейнерооборота обработван в него. Приема се, че всички КБВ при-

стигат равномерно през денонощието в ГКТ и са с еднакъв брой вагони в състава.

Работата на ГКТ през денонощието се представя чрез два периода: първи период с продължителност T_a през който в ГКТ се подават и обслужват АК и КБВ и втори период с продължителност T_i през който се подават и обслужват само КБВ при $T_a + T_i \leq 24, h$.

Обработването на ГТК в ГКТ през денонощието се извършва по различни технологични схеми според периода на работа (фиг.1).

Тъй като транзитните ГТК представляват сравнително малка част от общия контейнерооборот на контейнерните терминали, за опростяване на модела се приема, че транзитните ГТК, подлежащи на индиректна обработка в ГКТ, пристигнали през съответен период на работа на терминала през денонощието, заминават през същия период.

3. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПРОДЪЛЖИТЕЛНОСТТА НА ОБСЛУЖВАНЕ НА ТРАНСПОРТНИТЕ СРЕДСТВА ПРЕЗ ПЪРВИ ПЕРИОД НА ДЕНОНОЩИЕТО

$$t_{AK} = (N_{1,1} \cdot T_1 + N_{1,3} \cdot T_3) / N_{AK}, h / авт., \quad (1)$$

където: t_{AK} е средната продължителност на обслужване на един АК, h/авт.; $N_{1,1}, N_{1,2}, N_{1,3}, N_{1,4}, N_{1,5}$ - количеството ГТК, обработени по съответна технологична схема през първи период на денонощието, конт./денон.;

N_{AK} - средният брой на АК, необходими за превозване на ГТК, авт.; n_{AK} - среден брой ГТК, разположени върху един АК, конт./авт.

$$t_{КБВ,1} = \frac{N_{1,1} \cdot T_1 + N_{1,2} \cdot T_2 + N_{1,4} \cdot T_4 + 2 \cdot N_{1,5} \cdot T_5}{N_{КБВ,1} \cdot N_{ТРМ,1}}, \frac{h}{\text{влак}}, \quad (2)$$

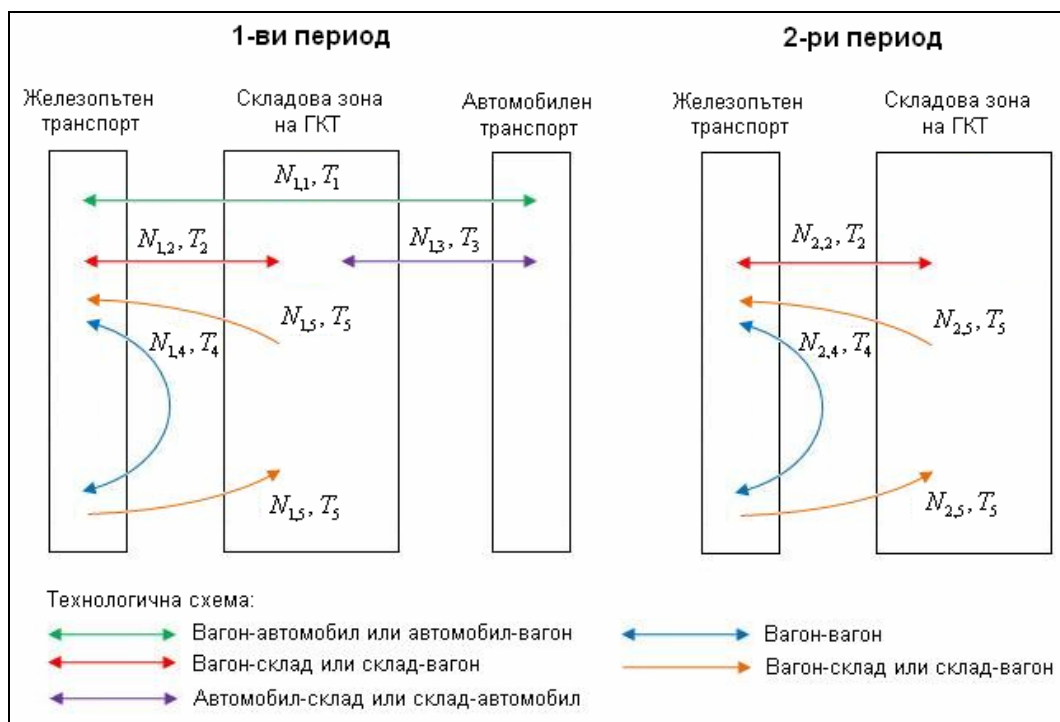
където: $t_{КБВ,1}$ е средната продължителност на обслужване на един КБВ в ГКТ през първи период, h/влак; $N_{КБВ,1}$ - брой на КБВ, обслужващи ГКТ през първи период, бр. влака; $N_{ТРМ,1}$ - брой на ТРМ, работещи на ГКТ през първи период, бр.

Ограниченията за броя на КБВ, обслужващи ГКТ през първи период ($N_{КБВ,1} \geq 1$, бр. влака) са:

$$N_{КБВ,1} \geq \frac{N_{1,1} + N_{1,2} + N_{1,4} + N_{1,5}}{N_{ВАГ} \cdot n_{КБВ} \cdot K_{КБВ}}, \text{бр. влака}; \quad (3)$$

$$N_{КБВ,1} \leq T_a / (t_{КБВ,1} + t_{ман}), \text{бр. влака}, \quad (4)$$

където: $N_{ВАГ}$ е средният брой на вагоните в един КБВ, вагони/влак; $n_{КБВ}$ - брой на местата за разполагане на 20 футови ГТК в един вагон, конт./вагон; $K_{КБВ}$ - коефициент, отчитащ степента на запълване на местата за ГТК, коеф.; $t_{ман}$ - средна продължителност на времето за подаване и изваждане на един КБВ на и от товарно-разтоварните коловози в ГКТ, h.



Фиг. 1 Технологични схеми на работа на ГКТ

4. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПРОДЪЛЖИТЕЛНОСТТА НА ОБСЛУЖВАНЕ НА ТРАНСПОРТНИТЕ СРЕДСТВА ПРЕЗ ВТОРИ ПЕРИОД НА ДЕНОНОЩИЕТО

Средната продължителност на обслужване на един КБВ през втори период е:

$$t_{КБВ,2} = \frac{N_{2,2} \cdot T_2 + N_{2,4} \cdot T_4 + 2 \cdot N_{2,5} \cdot T_5}{N_{КБВ,2} \cdot N_{ТРМ,2}}, \frac{h}{\text{влак}}, \quad (5)$$

където: $N_{2,2}, N_{2,4}, N_{2,5}$ са количеството ГТК, обработени по съответна технологична схема през втори период, конт./денон.; $N_{КБВ,2}$ - брой на КБВ, обслужвани в ГКТ през втори период, бр. влака;

$N_{TRM,2}$ - брой на ТРМ, работещи на ГКТ през втори период, бр.

Ограниченията за броя на КБВ, обслужващи ГКТ през втори период ($N_{КБВ,2} \geq 1$, бр. влака) са:

$$N_{КБВ,2} \geq \frac{N_{2,2} + N_{2,4} + N_{2,5}}{N_{ВАГ} \cdot n_{КБВ} \cdot K_{КБВ}}, \text{ бр. влака}; \quad (6)$$

$$N_{КБВ,2} \leq T_r \cdot (t_{КБВ,2} + t_{ман}), \text{ бр. влака}. \quad (7)$$

5. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПЕРИОДА НА ПРЕСТОЙ В ОПАШКА НА ТРАНСПОРТНИТЕ СРЕДСТВА ПРИ ОЧАКВАНЕ ЗА ОБСЛУЖВАНЕТО ИМ В ГКТ

ГКТ се разглежда, като съставен от два условно разделени товарно-разтоварни фронта (ТРФ) [4]. Единият е едноканална СМО в който заявките са КБВ, които се обслужват групово от обслужващо устройство (ОУ), състоящо се от група еднотипни товарно-разтоварни машини (ТРМ) с еднаква производителност (фиг. 2). Другият ТРФ е многоканална СМО с N_{TRM} броя ТРМ в която се обслужват постъпващите АК, разглеждани като единични заявки. Параметрите на ГКТ, разглеждан като СМО се определят за двата периода на работа на терминала през денонощието.



фиг. 2 Обслужване на ГКТ

5.1 Определяне на периода на престой в опашка на транспортните средства при очакване за обслужването им в ГКТ през първи период

Относителното натоварване на ГКТ от потока ГТК по железопътен транспорт (ЖПТ) през първи период (ρ_1) се определя по:

$$\rho_1 = \frac{(N_{1,1} \cdot T_1 + N_{1,2} \cdot T_2 + N_{1,4} \cdot T_4 + 2 \cdot N_{1,5} \cdot T_5)}{N_{TRM,1} \cdot (T_a - N_{КБВ,1} \cdot t_{ман})}, \text{ коеф.} \quad (8)$$

За осигуряване на стационарен режим на функциониране на ГКТ от потока ГТК по железопътен транспорт през първи период, е необходимо $\rho_1 < 1$ при $T_a - N_{КБВ,1} \cdot t_{ман} > 0$.

Средната продължителност на периода в очакване на един КБВ до началото на обслужване [1,3] през първи период при едноканална система:

$$t_{КБВ,1}^{(оч)} = \rho_1 \cdot t_{КБВ,1} / (1 - \rho_1), h. \quad (9)$$

Средната продължителност на периода в очакване на един АК до началото на обслужване [1,3] през първи период при едноканална система:

$$t_{АК}^{(оч)} = \rho \cdot t_{АК} / (1 - \rho), h. \quad (10)$$

Стойността на параметъра ρ се определя от:

$$\rho = (N_{1,1} \cdot T_1 + N_{1,3} \cdot T_3) / T_a, \text{ коеф.} \quad (11)$$

Средната продължителност на очакване на един АК до началото на обслужване [1,3] през първи период при многоканална система:

$$t_{АК}^{(оч)} = P \cdot t_{АК} / (N_{TRM,1} - \rho), h; \quad (12)$$

Определянето на вероятността P [1,3] се извършва по:

$$P = \frac{\rho^{N_{TRM,1}} \cdot P_0}{(N_{TRM,1} - 1)! \cdot (N_{TRM,1} - \rho)}, \quad (13)$$

където: P_0 е вероятността, всички ТРМ на ГКТ да са свободни.

Стойността на P_0 се определя [1,2,3] по:

$$P_0 = 1 / \left(\sum_{i=0}^{N_{TRM,1}-1} \frac{\rho^i}{i!} + \frac{\rho^{N_{TRM,1}}}{(N_{TRM,1} - 1)! \cdot (N_{TRM,1} - \rho)} \right). \quad (14)$$

За осигуряване на стационарен режим на работа на СМО е необходимо, натоварването на системата ($\rho / N_{TRM,1}$) < 1 .

5.2 Определяне на периода на престой в опашка на транспортните средства при очакване за обслужването им в ГКТ през втори период

Относителното натоварване на ГКТ от потока ГТК по ЖПТ през втори период на денонощието е:

$$\rho_2 = \frac{(N_{2,2} \cdot T_2 + N_{2,4} \cdot T_4 + 2 \cdot N_{2,5} \cdot T_5)}{N_{ТРМ,2} \cdot (T_t - N_{КБВ,2} \cdot t_{ман})}, \text{ коеф.} \quad (15)$$

За осигуряване на стационарен режим на функциониране на ГКТ от потока ГТК по ЖПТ през втори период, е необходимо $\rho_2 < 1$ при $T_t - N_{КБВ,2} \cdot t_{ман} > 0$.

Средната продължителност на периода в очакване на един КБВ до началото на обслужване [1,3] през втори период при едноканална система е:

$$t_{КБВ,2}^{(ОЧ)} = (\rho_2 \cdot t_{КБВ,2}) / (1 - \rho_2), h. \quad (16)$$

6. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПЕРИОДА НА ПРЕСТОЙ НА ТРАНСПОРТНИТЕ СРЕДСТВА В ГКТ

Средната продължителност на периода за престой [2] на един КБВ в ГКТ през първи и втори период се определя по:

$$t_{КБВ,1}^{(ПП)} = t_{КБВ,1} + t_{КБВ,1}^{(ОЧ)}, h; \quad (17)$$

$$t_{КБВ,2}^{(ПП)} = t_{КБВ,2} + t_{КБВ,2}^{(ОЧ)}, h. \quad (18)$$

Средната продължителност на периода за престой на един АК в ГКТ се определя [2] по:

$$t_{АК}^{(ПП)} = t_{АК} + t_{АК}^{(ОЧ)}, h. \quad (19)$$

Математическото очакване [2,3] за броя на заявките от АК, очакващи да бъдат обслужени в ГКТ се определя по:

$$N_{АК}^{(ОЧ)} = \frac{P_0 \cdot \rho^{N_{ТРМ,1} + 1}}{(N_{ТРМ,1} - 1)! \cdot (N_{ТРМ,1} - \rho)^2}, \text{ бр.} \quad (20)$$

Математическото очакване [2] за броя на заявките от КБВ, очакващи да бъдат обслужени в ГКТ през първи и втори период на денонощието се определя по:

$$N_{КБВ,1}^{(ОЧ)} = \frac{\rho_1^2}{1 - \rho_1}, \text{ бр.}; \quad (21)$$

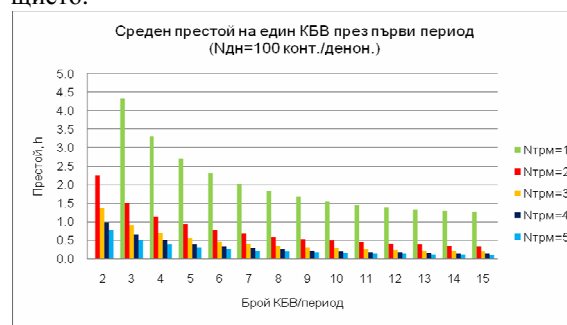
$$N_{КБВ,2}^{(ОЧ)} = \frac{\rho_2^2}{1 - \rho_2}, \text{ бр.} \quad (22)$$

7. РЕЗУЛТАТИ

Проведено е изследване за продължителността на престой на транспортните средства в ГКТ

при средноденонощен контейнерооборот, изменящ се в границите от 100 до 400 конт./денон. В състава на един КБВ, обслужващ терминала са включени 20 вагона с възможност за разполагане върху всеки вагон на три 20 футови ГТК. Изследването е проведено при транспортиране на 20 футови ГТК и 80% заетост на местата за контейнери в един състав.

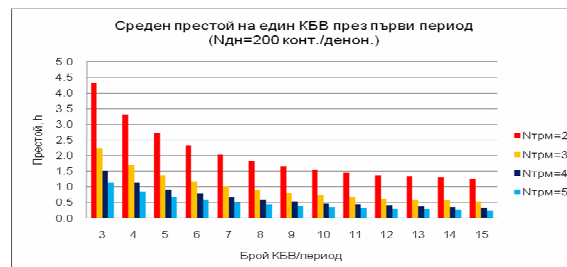
Част от резултатите от проведените изчисления са представени на фигури 3÷12. Резултатите се отнасят за КБВ с общ престой в ГКТ до 5 часа и при не повече от 15 влака, постъпили за обработване през разглеждания период на денонощието.



Фиг. 3 Среден престой на един КБВ през първи период при Ндн=100 конт./денон.



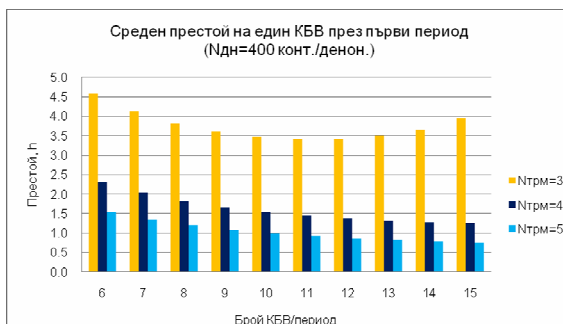
Фиг. 4 Среден престой на един КБВ през втори период при Ндн=100 конт./денон.



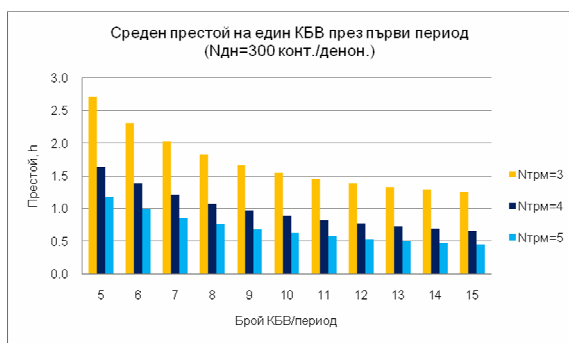
Фиг. 5 Среден престой на един КБВ през първи период при Ндн=200 конт./денон.



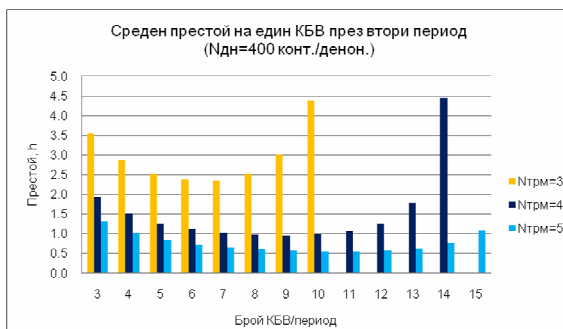
фиг. 6 Среден престой на един КБВ през втори период при Ndn=200 конт./денон.



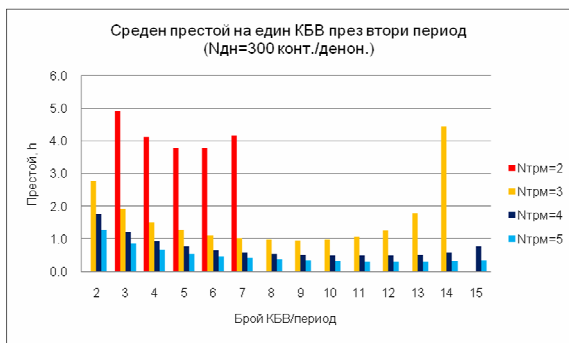
фиг. 9 Среден престой на един КБВ през първи период при Ndn=400 конт./денон.



фиг. 7 Среден престой на един КБВ през първи период при Ndn=300 конт./денон.



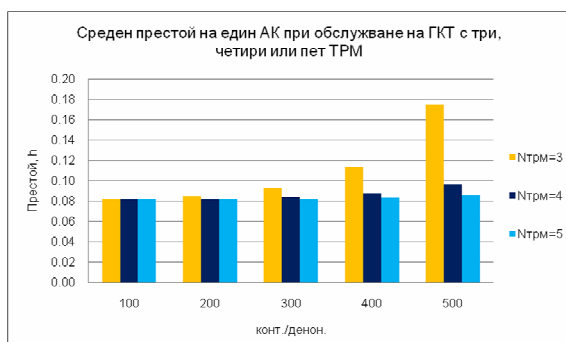
фиг. 10 Среден престой на един КБВ през втори период при Ndn=400 конт./денон.



фиг. 8 Среден престой на един КБВ през втори период при Ndn=300 конт./денон.



фиг. 11 Среден престой на един АК през първи период при една или две ТРМ



фиг. 12 Среден престой на един АК през първи период при три, четири или пет ТРМ

8. АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

Резултатите от проведените изследвания показват влияние върху продължителността на престой на КБВ в зависимост от броя на ТРМ, обслужващи ГКТ. Различният брой на КБВ, с които се извозват ГТК през разглежданите периоди на работа на ГКТ влияе върху продължителността на престой. Намаляващата продължителност на престоя при нарастване на броя на КБВ е последвана от рязко нарастване на престоя

при достигане на определен брой на КБВ в зависимост от изследвания вариант.

При АК, обслужващи ГКТ се наблюдава плавно, незначително увеличаване на продължителността на престой при нарастване на ежедневния контейнерооборот на терминала до определена стойност след което рязко нараства продължителността на престой.

Литература

1. Акулиничев В., В. Кудрявцев, П. Шульженко. Применение математических методов и вычислительной техники в эксплуатации железных дорог. Транспорт. 1973. М.
2. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. Транспорт. 1972. М.
3. Обретенов А., Б. Димитров, Е. Даниелян. Масово обслужване и приоритетни системи на обслужване. Наука и изкуство. 1973. С.
4. Петров Д., С. Стоядинов. Ръководство за семинарни упражнения по механизация и организация на товарно-разтоварните и складовите процеси в транспорта. ВМЕИ „В. И. Ленин“. 1980. С.

METHODOLOGY FOR DETERMINING THE DOWNTIME OF VEHICLES IN CONTAINER TERMINAL CONSIDERING THE RANDOM NATURE OF PROCESSES

Svetoslav MARTINOV

Department of Railway Engineering, Technical University of Sofia, Bulgaria

e-mail: s.martinov@tu-sofia.bg

Abstract: The methodology is used to determine the downtime of the vehicles in a container terminal, which is presented as a system of queuing. The technological processes in container terminals are considered as service of trains in a group and individual service of trucks.

Keywords: container terminal, system of queuing, container block-train

ИЗЧИСЛИТЕЛНИ МЕТОДИ, КОМБИНАЦИИ И НАТОВАРВАНИЯ ПРИ ЯКОСТНИ ПРЕСМЯТАНИЯ НА МЕТАЛНИ КРАНОВИ КОНСТРУКЦИИ

Николай КОЦЕВ¹ Емил ГРЪНЧАРОВ² Лъчезар ЛАЗОВ³

¹ катедра „Инженерна логистика, подемно-транспортна и строителна техника”, Технически университет - София, България, e-mail: nkotzev@tu-sofia.bg

² катедра „Инженерна логистика, подемно-транспортна и строителна техника”, Технически университет - София, България, e-mail: ekg@tu-sofia.bg

³ катедра „Инженерна логистика”, подемно-транспортна и строителна техника, Технически университет - София, България, e-mail: llazov@tu-sofia.bg

Резюме: Разгледани са основни положения при якостни пресмятания на товароподемни кранове, залежали в новите Европейски стандарти, касаещи безопасността при проектирането на тези машини. Анализирани са изчислителните методи по гранични състояния и по допустими напрежения за пресмятане на метални кранови конструкции на статична якост и на умора на материала. Коментирани са специфични особености при отчитане на характерните натоварвания в двата изчислителни метода, както и критериите за тяхното прилагане.

Ключови думи: метални кранови конструкции, якостни проверки, статична якост, умора

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Разработените Европейски стандарти [1, 2, 3] предоставят като хармонизирани стандарти средство за постигане на съответствие на механичната конструкция и теоретичната проверка на кранове със съществените изисквания за опазване на здравето и безопасността на Директивата „Машини” 98/37/ЕЕС. В [4] са разгледани някои особености залежали в тези стандарти и е констатирано, че прилагането на изчислителните процедури за постигане на съответствие в европейските документи може да протича без сътресения, възползвайки се от техните очевидни предимства.

Целта на настоящата разработка е да се анализират основните моменти от якостните пресмятания, с които трябва да се докаже теоретично, че даден кран е проектиран съгласно изискванията за предотвратяване на механични опасности, с което се гарантира необходимата безопасност като са взети в предвид условията на експлоатация, съгласувани между ползвател, конструктор и/или производител.

2. ИЗЧИСЛИТЕЛНИ ПРОЦЕДУРИ

2.1 Общи принципи

Опасности могат да възникнат, ако екстремни стойности на натоварвания или техните хроно-

логични записи на изменения (история на натоварване, респективно история на напреженията) превишат съответните гранични състояния. За да се избегнат тези опасности с достатъчна сигурност, трябва да се покаже, че изчислената екстремна стойност на натоварвания от товарите в дадена изчислителна комбинация, действащи едновременно на крана и умножени с подходящ частен коефициент на сигурност, както и оценената история на натоварванията, да не превишава съответстващите гранични състояния в коя да е критична точка от изследваната конструкция.

За тази цел се прилагат двата изчислителни метода: методът на граничните състояния, а където това е възможно и методът на допустимите напрежения в съответствие с възприетите европейски и международни правила за проектиране. Изчисляването на номиналните напрежения в даден елемент на конструкцията на крана, обикновено се извършва въз основа на подходящи еласто-статични модели, изградени от греди или от по-сложни елементи, например мембрана, плоча или черупка. Номиналното напрежение се изчислява съгласно опростената еластична теория от „Съпротивление на материалите” като се изключват въздействията от местни концентрации на напрежения.

2.2 Гранични състояния и доказване на безопасност

В разглежданите стандарти за гранични състояния са приети тези състояния на крана (неговите части или елементи), при превишаването, на които кранът загубва своите експлоатационни характеристики. Възприети са крайни гранични състояния и експлоатационни, като крайните гранични състояния могат да бъдат:

1. Пластични деформации от номиналните напрежения или приплъзване в триещите връзки;
2. Разрушаване на съставни части или връзки (например статично разрушаване, разрушаване от умора или образуване на критични пукнатини);
3. Загуба на обща и местна устойчивост на крана или частите му (изкълчване, изкорубване);
4. Загуба на обща устойчивост срещу преобръщане на крана или частите му (преобръщане, неконтролирано изместване).

Експлоатационни гранични състояния са:

1. Деформации, които нарушават нормалната работа (например функциониране на подвижни части или хлабини на елементите);
2. Вибрации, вредни за оператора, водещи до влошаване на възможността за работа или до повреди в конструкцията на крана;
3. Превишаване на граничните стойности на температурата (например прегряване на двигатели и спирачки).

За да се провери, че не е превишено крайно гранично състояние, трябва да се извършат следните проверки:

- а) Проверка на якост на елементи, връзки и съставни части:
 - 1) при статично и квазистатично натоварване;
 - 2) при циклично натоварване (умора).
- б) Проверка на обща и местна устойчивост на крана и неговите части;
- в) Проверка на обща устойчивост срещу преобръщане.

За да се провери, че експлоатационното гранично състояние не е превишено, трябва да се разгледат следните аспекти и ако е необходимо да се извърши проверка на:

- а) деформации;
- б) вибрации;
- в) температурни характеристики.

2.3 Изчислителни методи

2.3.1 Метод на граничните състояния

Методът на граничните състояния е приложим за всяка кранова система без ограничения.

Отделните характеристични натоварвания f_i се изчисляват и коригират, където е необходимо с коефициенти на динамичност ϕ_i , умножават се със съответните частни коефициенти на сигурност γ_p , след което се комбинират в съответната изчислителна комбинация F_j . Когато е необходимо F_j се умножава с подходящ коефициент на риск γ_n . С резултата $\gamma_n F_j$ се определя вътрешното усилие S_k в елемент от конструкцията. За проверка на статична якост се изчисляват номиналните напрежения σ_{1l} от действието на товарите от изчислителната комбинация върху даден елемент. След това резултатът се комбинира с кое и да е от местните напрежения σ_{2l} , дължащи се на местни въздействия, изчислени със съответния частен коефициент на сигурност γ_p , и когато е необходимо, с коефициент на риск - γ_n .

Полученото изчислително напрежение σ_l следва да се сравни с граничната стойност на изчислителното напрежение $\lim \sigma$. То се определя от специфичната якост или характеристичното съпротивление R_d на материала, като се приема най-малко 95% вероятност да не се разруши и се раздели на коефициента на сигурност на материала $\gamma_m = 1,10$.

На фиг.1 е даден типичния изчислителен поток на метода на граничните състояния за проверка на статична якост.

$$\gamma_n \sum_i \gamma_p \rightarrow \gamma_n F_j \rightarrow \max \bar{S}_k \rightarrow \sigma_{1l} \rightarrow \sigma_l \leq \lim \sigma = \frac{R_d}{\gamma_m}$$

σ_{2l}
↓

фиг. 1 Изчислителен поток по гранични състояния

2.3.2 Метод на допустимите напрежения

Доказване на безопасност чрез изчисляване по метода на допустимите напрежения е допустимо за кранове от клас на разпределение на масите MDC1 [2] с линейна зависимост между натоварване и вътрешно усилие. Методът на допустимите напрежения е частен случай на метода на граничните състояния, когато всички частни коефициенти на сигурност са с еднаква стойност и комбинирани с коефициента на сигурност на материала, дават общия коефициент на сигурност γ .

Поради особената си същност методът на допустимите напрежения е приложен само в специални случаи.

Отделните характеристични натоварвания f_i трябва да се изчислят и умножат, където е необходимо с коефициенти на динамичност ϕ_i , след което да се комбинират в изчислителни комбинации. Комбинираните натоварвания \bar{F}_j трябва да се използват за определяне на резултантните вътрешни усилия \bar{S}_k в елементите на конструкцията. За проверка на общата и местна устойчивост и статична якост трябва да се изчислят номиналните напрежения $\bar{\sigma}_{1l}$, дължащи се на натоварвания в даден елемент или като съставна част в комбинация с местните напрежения $\bar{\sigma}_{2l}$. Резултантното напрежение $\bar{\sigma}_l$ се сравнява с допустимите напрежения $adm \sigma$. То се определя от специфичната якост или характеристичното съпротивление R_d за материала, връзката или елемента с най-малко 95% вероятност да не се разруши, разделена на общия коефициент на сигурност γ_f и когато е приложимо на коефициента на риск γ_n .

На фиг. 2 е даден изчислителния поток на метода на допустимите напрежения.

$$\sum_i f_i \rightarrow F_j \rightarrow \bar{S}_k \xrightarrow{\bar{\sigma}_{2l}} \bar{\sigma}_{1l} \rightarrow \sigma_l \leq adm \sigma = \frac{R_d}{\gamma_f \gamma_n}$$

фиг. 2 Изчислителен поток по допустими напрежения

2.4 Изчислителни комбинации и натоварвания

Натоварванията, които се използват в изчислителните методи трябва да се насложат по такъв начин, че резултантните натоварвания да достигнат моментните си екстремни стойности за дадената ситуация. Такова наслагване се нарича изчислителна комбинация. При създаване на изчислителните комбинации трябва да се отчетат условията на експлоатация на крана, като се вземат в предвид неговите системи за управление, основни инструкции за неговото използване, както и всички други характерни условия, отнасящи се до специфичните цели на проверката. Големината, положението и посоката на еднов-

ременно действащите натоварвания в една комбинация трябва да се избират така, че да се получат екстремни натоварвания (вътрешни усилия) за разглеждания елемент или проектиран детайл. Следователно за да се определят екстремните напрежения във всички критични точки на проекта трябва да се разгледат няколко случая на натоварване или кранови конфигурации за една и съща изчислителна комбинация (например различни положения на количката при мостови или козлови кранове).

Максималните и минималните стойности на натоварванията и определените от тях вътрешни усилия или номинални напрежения трябва да се използват за проверка на статична и уморна якост, за да се избегнат опасностите.

Натоварванията, които действат върху кран се подразделят на регулярни, нерегулярни и специални. Тези натоварвания се използват при изчисленията срещу отказ от неконтролирани премествания, от достигане на границата на провлачване, от загубване на обща и местна устойчивост и където това е необходимо, от умора на материала. Таблица 1 съдържа основните изчислителни комбинации от натоварвания за доказване чрез изчисляване на безопасността от достигане границата на провлачване и загубата на обща и местна устойчивост в резултат на достигане на екстремни стойности на вътрешните усилия.

В табл.2 са дадени стойностите на частните коефициенти на сигурност γ_p за масата на крана, а в табл.3 – стойности на частния коефициент на сигурност γ_p за натоварвания предизвикани от премествания.

Проверката на умора на материала се прави по изчислителни комбинации А, като всички частни коефициенти на сигурност γ_p се приемат равни на единица. В някои случаи изчислителните комбинации В и/или С могат съществено да допринесат за умората на материала и поради това следва да се вземат под внимание.

За проверката на якост на умора трябва да се определят броят и амплитудата на значимите цикли на напреженията, а за класифициране на историите на напреженията трябва да се изчисли параметъра s на историята на напреженията въз основа на еднопаметрично представяне на истории на напреженията за целия срок на експ-

лоатация на крана [1,3]. Класификацията на истории на напреженията по класове S, основана на параметрите на истории на напрежения s при m=3 е дадена в табл.4 [3].

табл.1 Изчислителни комбинации от натоварвания и частни коефициенти на сигурност

Видове натоварвания	Натоварвания f_i		Изчислителни комбинации от натоварвания А					Изчислителни комбинации от натоварвания В					Изчислителни комбинации от натоварвания С														
	Гравитационни ускорения и удари	Маса на крана и вдигания товар	γ _p	A1	A2	A3	A4	γ _p	B1	B2	B3	B4	B5	γ _p	C	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9				
				φ ₁	φ ₂	φ ₃	φ ₄		φ ₅	φ ₁	φ ₂	φ ₃	φ ₄		φ ₅	φ ₁	φ ₂	φ ₃	φ ₄	φ ₅	1	1	1	1	1	1	1
Регулярни натоварвания	Инерционни сили от механизми	Маса на крана и вдигания товар	1,34	φ ₅	φ ₅	-	φ ₅	1,22	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	-	1,1	-	-	φ ₅	-	-	-	-	-	-				
				φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅		φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅		φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅
	Премествания	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	φ ₅	
Инерционни сили от механизми	Маса на крана и вдигания товар	1,22	-	-	-	φ ₄	1,16	-	-	-	φ ₄	φ ₄	φ ₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
			φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄		φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄		φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄
	Премествания	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄	φ ₄
Инерционни сили от механизми	Маса на крана и вдигания товар	1,34	φ ₁	φ ₁	1	-	1,22	φ ₁	φ ₁	1	-	-	-	1,1	φ ₁	1	φ ₁	1	1	1	1	1	1				
			φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁		φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁		φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁
	Премествания	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁	φ ₁

табл.1 Изчислителни комбинации от натоварвания и частни коефициенти на сигурност. (продължение)

Видове натоварвания	Натоварвания f_i	Изчислителни комбинации от натоварвания А					Изчислителни комбинации от натоварвания В					Изчислителни комбинации от натоварвания С															
		γ_F	A1	A2	A3	A4	γ_F	B1	B2	B3	B4	B5	C	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9					
Нерегулярни натоварвания	Вятър в работно състояние	-	-	-	-	-	1,22	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
		-	-	-	-	-	1,22	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
		-	-	-	-	-	1,16	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Атмосферни въздействия	Сняг и обледяване	-	-	-	-	-	1,22	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
		-	-	-	-	-	1,16	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
		-	-	-	-	-	1,16	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Специални натоварвания	Посуквания	-	-	-	-	-	1,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Общ коефициент на сигурност γ_t	-	1,48					-	1,34					-	1,22													
Коефициент на сигурност на материала γ_m	1,1	-					1,1	-					-	-													

табл.1 Изчислителни комбинации от натоварвания и частни коефициенти на сигурност. (продължение)

Видове натоварвания	Натоварвания f_i					Изчислителни комбинации от натоварвания А					Изчислителни комбинации от натоварвания В					Изчислителни комбинации от натоварвания С						
	γ_p	A1	A2	A3	A4	γ_p	B1	B2	B3	B4	B5	γ_p	C	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
<p>*) За стойностите на γ_p виж таблица 2</p> <p>**) За стойностите на γ_p за натоварвания, предизвикани от премествания таблица 3</p> <p>γ_p, отчита останалата на крана част от товара</p> <p>Изчислителни комбинации от натоварвания А, В, С:</p> <p>Изчислителните комбинации А включват регулярните натоварвания при нормална работа на крана:</p> <p>A1: Натоварвания от вдигане и позициониране; Това са натоварванията, които възпроизвеждат и комбинират случаите на ускоряване, спиране и позициониране на крана с или без товар при вдигане и спускане. При вдигане на товара или товарозахващащо устройство от терена трябва да се предвиди само една комбинация от инерционни сили от другите механизми (без подеменния механизъм), съответстваща на нормалната експлоатация и на системата на управление на крана.</p> <p>A2: Внезапно освобождаване на част от товара; Комбинирането на задвижващите сили трябва да стане както в комбинация А1.</p> <p>A3: Окачен товар или товарозахващащо устройство; При окачен товар или товарозахващащо устройство се комбинират инерционни сили, причинени от кой да е от механизмите, включително подеменния, както и от тяхната последователност при движението за позициониране на товар, съответстващи на предвидената нормална експлоатация и на системата за управление на крана.</p> <p>A4: Придвижване по неравен терен или релсов път с неравности; Задвижващите сили трябва да се комбинират както в комбинация А1.</p> <p>Изчислителните комбинации В обхващат регулярните натоварвания, комбинирани с регулярните натоварвания: от В1 до В4; Изчислителните комбинации са аналогични на изчислителните комбинации от А1 до А4, като допълнително трябва да се предвиди вятър в работно състояние и други атмосферни въздействия.</p> <p>Изчислителни комбинации С обхващат регулярните и специалните натоварвания, комбинирани с регулярните натоварвания:</p> <p>C1: Кран в работно състояние, вдигане на товар от терена с максимална скорост, прилагане на ϕ_2; C2: Кран в неработно състояние, вятър в неработно състояние и други атмосферни въздействия; C3: Изпитване на крана. Задвижващите сили трябва да се комбинират както в комбинация А1; C4: Кран с вдигнат товар и натоварвания от удар в буфер; C5: Кран с вдигнат товар и натоварвания от преобръщащи сили; C6: Кран с вдигнат товар и натоварвания от аварийно изключване; C7: Кран с вдигнат товар и натоварвания от отказ на механизъм; C8: Кран с вдигнат товар и натоварвания от външно въздействие върху опорите; C9: Кран по време на монтаж, демонтаж и транспорт.</p>																						

табл.2 Стойности на частните коефициенти на сигурност γ_F за масата на крана.

Метод за определяне масата на елементите на крана и техните центрове на тежестта	Изчислителни комбинации					
	А		В		С	
	неблагоприятна	благоприятна	неблагоприятна	благоприятна	неблагоприятна	благоприятна
Чрез изчисляване	1,22	0,9	1,16	0,95	1,1	1,00
Чрез претегляне	1,16	1,00	1,1	1,00	1,05	1,00

табл.3 Частни коефициенти на сигурност γ_F за натоварвания предизвикани от премествания.

Планирани премествания			
Стойности на частния коефициент на сигурност γ_F	Изчислителни комбинации		
	А	В	С
Максимална стойност	1,10	1,05	1,00
Минимална стойност	0,9	0,95	1,00
Непланирани премествания			
γ_F	1,10	1,05	1,00

табл.4 Класове S по параметъра s на историята на напреженията.

Клас	Параметър на история на напреженията при $m=3$
S02	$0,001 < s_3 \leq 0,002$
S01	$0,002 < s_3 \leq 0,004$
S0	$0,004 < s_3 \leq 0,008$
S1	$0,008 < s_3 \leq 0,016$
S2	$0,016 < s_3 \leq 0,032$
S3	$0,032 < s_3 \leq 0,063$
S4	$0,063 < s_3 \leq 0,125$
S5	$0,125 < s_3 \leq 0,250$
S6	$0,250 < s_3 \leq 0,500$
S7	$0,500 < s_3 \leq 1,000$
S8	$1,000 < s_3 \leq 2,000$
S9	$2,000 < s_3 \leq 4,000$

При проверка на якост на умора на конструкции, съответните истории на напреженията действащи върху изследвания елемент, могат да се определят въз основа на опита или директно за дадените условия на работа, като се избере класа S от таблица 4.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разгледани са основни положения при якостни пресмятания на товароподемни кранове

съгласно новите Европейски стандарти за безопасност при проектиране.

Литература

- 1.БДС EN 13001-1:2004 Кранове. Общо проектиране. Част 1: Общи принципи и изисквания, БИС, С, 2004.
- 2.БДС EN 13001-2:2004 Кранове. Общо проектиране. Част 2: Натоварвания, БИС, С, 2004.
- 3.prEN 13001-3-1:2008 Cranes. General design. Part 3-1: Limit states and proof of competence of steel structures.
- 4.Grancharov E., Grigorov B., Kotzev N. Normative safety assurance of design stage cranes, 7th International Conference – Standartization, Prototype And Quality, Zlatibor, Serbia June 8th and 9th, 2010, pp 158-161.

COMPUTATIONAL METHODES, COMBINATIONS AND LOADS IN THE STRENGHT CALCULATIONS OF CRANE STEEL STRUCTURES

Nikolai KOTZEV¹ Emil GRANTCHAROV² Lachezar LAZOV³

¹Logistics engineering department, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: nkotzev@tu-sofia.bg

²Logistics engineering department, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: lazov@tu-sofia.bg

³Logistics engineering department, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: ekg@tu-sofia.bg

Abstract: The basics of strength calculations of cranes enshrined in the new European standards concerning safety in the design of these machines are examined. The computational methods of limit states and allowable stresses for static strength and fatigue calculations of crane steel structures are analyzed. Specific features of typical workloads into account in the both computational methods and the criteria for their application are commented as well.

Keywords: crane steel structures, strength proofs

ТВЪРДЕНИЯ В ТЕОРИЯТА НА ЕВРИСТИЧНОТО ПРОЕКТИРАНЕ

Михаил ЛЕПАРОВ

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

Резюме: Теорията на евристичното проектиране има за своя основна задача търсенето на творческо разнообразие във всяка човешка дейност. В настоящата работа са доказани основни твърдения на теорията, като твърденията са обобщение на закони, закономерности и принципи. Твърденията могат да бъдат използвани за развитие на теорията евристичното проектиране.

Ключови думи: теория на евристичното проектиране, теория, проектиране, евристика

1. ВЪВЕДЕНИЕ

В [1] се предлага създаване на теорията на евристичното проектиране (ТеП) и нейната структура, която включва:

1. Евристични твърдения (закони, закономерности, принципи) (eT);
2. Евристични ефекти (eE);
3. Евристични задачи (eZ);
4. Евристични методи (eM);
5. Евристичен човек- творец (хора) (eЧ);
6. Евристични идеи (eИ);
7. Евристичен трансфер (eTr);
8. Евристично развитие (eP);
9. Евристична терминология (eTe).

Основната задача на ТеП е търсенето на творческо разнообразие във всяка човешка дейност или елемент от нея с цел подобряване (усъвършенстване) на дейността.

Целта на настоящата работа е да предложи основни твърдения в ТеП, които могат да бъдат закони, закономерности и принципи.

Библиографската справка показва, че въпросът за основните закони, закономерности и принципи в евристиката (науката за творчеството) не е стоял в ползрението на изследователите.

Под твърдение в настоящата работа се разбира обективно съществуващо отношение, съществено и устойчиво при зададените условия, в т.ч. в разглеждания период от време, и определящо се чрез своите субекти- вход (условия, ситуация) и изход (резултат).

2. ИЗЛОЖЕНИЕ

Твърденията, дадени по- долу, са изведени при следните аксиоми:

Аксиома 1 Всеки умствено нормален човек може да решава евристични задачи

Основания (за приемане на аксиомата):

В човека е заложена възможността да решава творчески задачи. От своето раждане до своята смърт човек решава творчески задачи, т.е. задачи, за чието решение той не знае метод. Историята на развитието на човечеството, от пещерния човек до съвременния Homo sapiens, е доказателство за творческите възможности на човешкия вид. Наблюденията на ежедневната дейност на който и да е човек ще покаже проява на творческа дейност, напр. при изваждане на пирон без наличие на тесла или при изкопаване на дупка при липса на лопата, или търсене на нещо за ядене при липсваща храна, или при подреждане по нов начин на стаята, или при изготвяне на нова дреха, или при търсене на нов бизнес, или...

Ако се разгледа традиционното и силно ограничено понятие за творчество, то всеки човек може да пее, да рисува, да играе роли (по-добре или по-зле).

Съвсем логично изглежда твърдението, че докато човек съществува винаги ще решава евристични задачи. Те ще бъдат свързани с ежедневния му разнообразен живот и променящата се околна среда. Това твърдение е логично и поради това, че за да има прогрес, развитие на самия човек и околната среда е необходимо решаването на съответни евристични задачи от човек;

Аксиома 2 Прогресът е непрекъснат и неограничен

Основания: Съгласно [2] научно-техническият прогрес представлява "1. непрекъснато, единно, взаимно обусловено, възходящо по спирала развитие на науката и техниката, насочено

към увеличаване на общественото производство и неговата ефективност за удовлетворяване на обществените и социални потребности; 2. непрекъснат процес на развитие и техническите средства, предметите на труда и технологиите на производство на базата на развиващата се наука с цел повишаване на производителността на труда или получаването на друг необходим обществен ефект.”

Аксиома 3 Всяко решение се получава по някакъв (известен или неизвестен) метод

Основания: Всяка намерена идея трябва по някакъв начин да се получи- тя не може да се появи от нищото. Този начин може да е метод „Аналогия”, при който новото решение се получава по аналогия със съществуващо решение, този метод може да е „Класификация на съществуващи решения ”, или друг метод, но някакъв метод е налице, като под метод в случая се разбира най- общо начин на получаване на решение. Дали методът е известен на получаващия решение (медиатора) и той съзнателно го прилага или той е неизвестен и той използва интуитивно основните му стъпки, заложи в човешката творческа природа, също не е съществено. Важно е, че начинът реално съществува.

Твърдение 1: Евристичните ефекти еЕ съставят евристична безкрайност $e\infty$ (броят им N е голямо число), т.е. $N(eE) \rightarrow e\infty$

Под евристична безкрайност се разбира съвкупност от елементи, чийто брой е голямо число; евристичната безкрайност е въведена по аналогия с математичното понятие за безкрайност, като смисълът на понятието е да обхване много голям брой елементи, който брой е толкова голям, че от гледна точка на манипулиране на тези елементи изглежда като безкрайност.

Нека под “много голям” да се приеме едно разумно число от гледна точка на целесъобразност, необходимост и възможности на човек за работа с множество варианти. От тази гледна точка числото 1 000 000 е приемливо за много голям брой.

Доказателство: В съответствие с международния стандарт за класификация на професиите броят на професиите е 9333 [3]. Като се отчете, че:

- една професия може да има различни специалности, *напр. професия: учител; спец. биология, химия, физика и т.н.*;

- съгласно „Национална класификация на професиите и длъжностите (НКПД 2005)” [11] в Класификацията могат да се включват и допълнителни определители като: заместник, завеждащ, старши, младши, висш, главен, водещ, майстор, помощник, стажант и други;

- в споменатия брой професии не са включени дейности, които попадат под ударите на закона, *напр. крадец, проститутка, мафиот, данъчен измамник, клеветник, наркопроизводител, наркопласъор и т.н.*

- в ежедневния си живот, човек извършва множество дейности, които са извън професията му, *напр. ядене, пране, пазаруване, боледуване, умирање, спане, чистене, отглеждане на деца и т.н.*,

то броят на всички човешки дейности представлява голямо число.

Ако се приеме, че за всяка дейност е налице поне един еЕ, то изходното твърдение е доказано.

Твърдение 2: Всеки еО съдържа недостатъци

Доказателство 1: Съгласно Твърдение 49 броят на решенията на правилна задача е голямо число, а в съответствие с Аксиома 2 (Прогресът е непрекъснат и неограничен). за научно-технически прогрес всяко следващо решение на евристичен обект (под който се разбира произволен обект) еО ще е по-добро по отношение на прогреса от предишно решение, т.е. всяко следващо решение ще отстранява някакъв недостатък на предходно решение.

Доказателство 2: Всеки еО притежава множество свойства. За повечето свойства може да се присъди количествена стойност и в зависимост от приета гл.т. тази стойност да се обяви като недостатък- защото е много голяма или обратното много малка.

Доказателство 3: При всеки клас еО съществуват универсални недостатъци, които се отнасят за всеки член на класа, *напр. за $eO = TO$, където TO е технически обект, някои от тях са:*

- *голямо (значително) количество изразходвана енергия;*

- *(сравнително) нисък КПД;*

- *големи размери;*

- висока материалоемкост;
- сложност на конструкцията;
- високи разходи при изработването;
- др.

Универсалните недостатъци се формират от общите свойства на обектите от класа.

Твърдение 3: Всяка дейност съдържа недостатъци

Доказателство 1: Всяка дейност съдържа множество еО, а всеки еО съдържа недостатъци (Твърдение 2).

Доказателство 2: Всяка дейност има множество свойства, с които се характеризира. На всяко от свойствата може да се присъди количествена стойност и в зависимост от приета гл.т. тази стойност да се обяви като недостатък- защото е много голяма или обратното много малка.

Например един перфоратор е: с големи размери, с голяма цена, с трудно изработване, с нисък ресурс (брой пробивания), с малка производителност и т.н.; чистене на стая може да включва следните недостатъци: ниско качество на услугата (наличие на известно количество прах), вдигане на прекален шум по време на чистене, висок разход на консумативи, висока цена на услугата, смущаване на работата останалите хора и др.

Твърдение 4: Всеки еО е мегаобект, т.е. от всеки евристичен обект може да се получат други евристични обекти от същия вид

Доказателство: Броят на модификациите на еО е голямо число (Твърдение 5), от което следва, че изходния еО е мегаобект.

Твърдение 5: Модификациите на евристичен обект съставят евристична безкрайност (броят им е голямо число). Под модификация

се разбира нов еО, който е получен на базата на изходния еО, има същата главна функция ГФ, но се различава от изходния еО.

Доказателство 1: По- долу ще бъде доказано частично това твърдение на примера на еО= ТО.

Нека ТО е сглобена единица СЕ или детайл със самостоятелно предназначение и различни модификации на ТО да се търсят чрез морфологична таблица. Най- често срещаните класификационни признаци за ТО са: 1. Форма, 2. Цвят, 3. Количество (брой), 4. Материал, 5. Размери (дължина, височина, широчина, диаметър), 6. Напречно сечение, 7. Повърхнина, 8. Разположение, 9. Структура, 10. Съставни елементи, 11. Движения, 12. Разглобяемост, 13. Принцип на работа, 14. Качество, 15. Връзка с околната среда, 16. Допълнителни аксесоари.

Нека ТО= детайл, *напр. ваза , чаша, чиния, свециник, лъжица, етикет и др.*

Като се има предвид, че при ТО= детайл:

- могат да бъдат отделени няколко съставни негови части (вж. примера от табл.1), *напр.*3, за всяка от които ще важат повечето от тези класификационни признаци;

- ако се приеме средният брой на решенията по всеки признак като 2.3 (минималният възможен брой е 2), което е едно приемливо число за варианти по един признак, то очевидно числото 100 000 комбинации, т.е. 100 000 различаващи се по нещо варианти детайли е лесно достижимо (ако се приеме 3 съставни части по 5 признака по 2.3 решения по признак, то общият брой на вариантите ще е $2.3^{15} = 266\ 634$).

Пример за класификация на детайл със самостоятелно предназначение е даден в табл.1.

табл. 1 Модификации на ТО „Ваза”

Съставна част	Класификационен признак	Решения	Брой решения
тяло	материал	стъкло, дърво, метал, порцелан, пластмаса, хартия,	6
	цвет	бял, червен, черен, зелен, син, безцветен, друг	6 ⁺
	прозрачност	наличие, липса	2
	релефност	да, не	2
	височина	къса, средна, дълга	3
	съставност	монолитно, съставно	2

	наличие на отвори в страничната повърхнина	с отвори, без отвори	2
	наличие на отвори в горната плътна основа	да, не	2
	разположение на двете основи	една над друга, изместени една спрямо друга	2
долна основа	форма 1 на долната основа	окръжност, правоъгълник, квадрат, триъгълник, овал, неопределена форма, комбинация	7
	форма 2 на долната основа	съставена от: една фигура, две допиращи се еднакви фигури, две допиращи се в диагонала еднакви фигури, две допиращи се различни фигури	4
	размери на сечението	малки, средни, големи	3
	разположение	хоризонтално, наклонено	2
горна основа	форма на горната основа	както долната, друга	2
	размери на сечението	малки, средни, големи	3
	разположение	хоризонтално, наклонено, в няколко равнини	3
допълнителни аксесоари	вид	дръжка, стъпала за различно разположение на цветята, метални шипове за закрепване на стръковете	3

Броят на вариантите на всички вази Бр ще бъде

$$Br = 6 \cdot 6^+ \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 = 62\ 705\ 664^+$$

Нека $TO = SE$.

Тъй като SE съдържа поне няколко детайла (съставни части), за всеки от които ще се използват класификационни признаци, то намирането на броя на вариантите на SE ще е аналогично като това при детайлите, т.е. броят им ще е не по-малък от 100 000.

Доказателство 2: Всеки eO притежава недостатъци (Твърдение 2). Евристичен обект, чийто недостатък е отстранен ще представлява модификация, защото GF няма да е променена. Съгласно същото твърдение тази модификация също ще има недостатъци, отстраняването на един от които ще доведе до нова модификация. Този процес на отстраняване на недостатъци във времето е безкраен.

Доказателство: Както бе отбелязано в доказателството на Твърдение 1, броят на всички чо-

Твърдение 9: Във всяка дейност съществуват твърдения (закони, закономерности и принципи)

вешки дейности представлява голямо число. От друга страна всяка дейност съществуват твърдения (Твърдение 9). От горното следва твърдението, което трябва да се докаже.

Твърдение 6: Всеки елемент може да се промени. Под елемент се разбира обобщаващо понятие за произволна дума- eO , процес, ситуация, ефект, функция и т.н.

Доказателство: Това твърдение е следствие на Твърдение 5, тъй като всяка модификация на eO представлява негова промяна.

Твърдение 7: Всяка основна идея на евристичен метод е твърдение ако отговаря на определеното за твърдение

Доказателство: Това твърдение следва от дефиницията за твърдение (закон, закономерност, принцип), дадена в началото на статията.

Твърдение 8: Твърденията (закони, закономерности и принципи) в съществуващите знания съставят евристична безкрайност (броят им е голямо число), т.е. $N(eT) \rightarrow e\infty$

Доказателство: Тъй като чрез твърденията (законите, закономерностите и принципите) се реализира разглеждана дейност

(вж.определението за твърдение), то очевидно тя притежава такива.

Твърдение 10: Между всеки две думи може да бъде намерена връзка

Доказателство 1: Между две случайни думи може да бъде намерена поне символна връзка. Символът е свързан с въображението, поради което множество връзки могат да бъдат намерени между две думи. Съгласно Уикиречник (Wiktionary) характерно за символа е, че е смислово неизчерпаем. Най-простата символна връзка между две думи може да бъде видяна между техните букви, *напр. еднакви букви или въобще наличие на букви. Всяка буква може да се разглежда чрез нейните съставни части (форма, разположение и др.), които при търсене на решение на е3 (едната дума) могат да служат като аналог за промяна на съставните части на изходния еО.*

Твърдение 11: Всяка правилна евристична задача е решима

Правилна е задача, която чрез условията си не нарушава евристичните твърдения- закони, закономерности и принципи (открити или не), т.е. проверка може да се прави по отношение на съществуващи твърдения, като винаги има вероятност да наруши неоткрито към разглеждания момент от време.

Пример за неправилна задача:

„Да се намери средство за съживяване на починал човек“ (противоречи на твърдението: не е възможно жизнените функции на починал човек да бъдат възстановени);

Доказателство: Твърдение 30 се явява доказателство на това твърдение, тъй като в съответствие с него всяка правилна задача има множество решения, т.е. е решима.

Твърдение 12: Задачите на един проблем съставят евристична безкрайност (броят им е голямо число), т.е. $N(e3) \rightarrow e\infty$

Доказателство: Броят на структурните елементи на е3, съгласно равенство [1] е 7. Ако всеки от структурните елементи се класифицира по 2 признака и има по всеки признак средно 2.3 решения, то броят на всички комбинации ще бъде $2.3^{14} = 115\,928$. Всяка комбинация ще представлява модифицирана е3.

Като се има предвид, че:

- минималният възможен брой решения за даден признак, който има смисъл да се класифицира е 2;

- броят решения по даден признак е често повече от две;

- винаги може да се постави проблемът за търсене на ново решение по даден признак като тип евристична задача и за тази цел да се използва някой еМ;

- обикновено при две налични решения може да се включи формално трето, което представлява комбинация от двете;

- броят на класификационните признаци на елемент е често над 2,

то приетият брой, 2.3 решения на признак, е сравнително лесно достижим брой.

Твърдение 13: Гледните точки, от които може да се разгледа един проблем съставят евристична безкрайност (броят им е голямо число)

Доказателство: Ако проблемът се свърже със случайна дума и тъй като между всеки две думи може да се намери връзка (Твърдение 10) по връзката между тях се търси решение, то случайната дума, респективно връзката, ще създаде гледна точка върху проблема. Тъй като всяка дума има свой нюанс и се различава от всяка друга дума, то броят на думите ще определи и броят на гледните точки.

Според [10] броят на думите в престижния Oxford English Dictionary е 500 000. В него не са включени технически и научни термини, за които се смята, че са около 500 000. Според същия автор броят на думите в немския език са около 185 000, а във френския език- под 100 000.

В Речник на българския език на БАН са издадени 13 тома между 1977- 2009 г., като 13 том е посветен на буквата П. Броят на всички томове е 20, а общият брой думи- около 160 000 [12]. Като се отчетат техническите термини [4]- 50 000 думи, широко навлизащите компютърни термини [5]- 15 000 термина, чуждите думи в българския език [6] – 40 000 думи, както и други научни термини, приблизителният общ брой на думите в българския език може да се определи като минимум 265 000.

Твърдение 14: Всяка задача има и по- добро решение от зададено нейно решение

Доказателство: Съгласно Твърдение 49 броят на решенията на правилна задача е голямо число. В съответствие с Аксиома 2 за научно-технически прогрес всяко следващо решение на еО ще е по-добро по отношение на прогреса от предишно решение, т.е. в бъдеще ще има много и по-добри решения. Следователно от което и да е решение ще има и по-добри.

Твърдение 15: Един и същи евристичен проблем може да се реши чрез различни видове задачи

Доказателство: Това твърдение е следствие на Твърдение 12.

Твърдение 16: Един вид задача може да се трансформира в друг вид задача

Доказателство: От Твърдение 5 следва, че за $eO = e3$, броят на модификациите на е3 е голямо число

Твърдение 17: От всяка задача може да се получи нова задача

Доказателство: Твърдението е следствие на Твърдение 16.

Твърдение 18: Всяка правилна задача може да се реши и по друг начин (метод)

Доказателство: Това твърдение е следствие на Твърдение 30, съгласно което съществува множество от методи, които решават една и съща задача.

Твърдение 19: Правилните евристичните задачи съставят евристична безкрайност (броят им е голямо число)

Доказателство: Броят на всички професии е голямо число (вж. доказателството към Твърдение 1). Ако се приеме че в една професия има една правилна евристична задача (докато нормално е във всяка професия да съществуват голямо множество такива задачи), то горното твърдение ще бъде доказано.

Твърдение 20: Броят на евристичните задачи непрекъснато нараства

Доказателство: Съгласно [7,8] множеството на потребностите-функции, отнасящи се до дадена страна или до света като цяло, във времето монотонно и ускорено нарастват по експоненциална зависимост. Всяка потребност-функция включва евристична задача, която трябва да се решава.

Твърдение 21: Изследването на дадена дейност може да бъде безкрайно голямо

Доказателство: Във всяка дейност може да бъдат намерени недостатъци (Твърдение 3). След тяхното отстраняване дейността се превръща в изходна дейност и според същото твърдение в нея могат да бъдат открити недостатъци. Това отстраняване и откриване на недостатъци продължава до безкрайност. Край може да настъпи при отпадане на дейността, което като правило се придружава от появата на заместваща я дейност или от липса на ресурси за изследване (хора, средства и др.).

Твърдение 22: Всяка правилна задача може да се реши по аналогия с друго решение

Доказателство: Нека търсеното решение е известно. Тогава между него и който и да е друг елемент (дума) може да бъде намерена връзка (Твърдение 10). Като се има предвид, че всеки елемент може да бъде основа за търсене на решение (Твърдение 48), то по обратния път-до търсеното решение може да се достигне чрез елемент, чиято връзка да го подсказе.

Твърдение 23: Всяка правилна задача може да се реши чрез класификация

Доказателство: Нека се разполага с всички решения (голямо число) на е3. Тъй като всички решения се отнасят до една и съща задача, то те могат да бъдат класифицирани по подходящи признаци и поместени в една класификация. С други думи в класификацията ще бъдат включени всички решения.

От тук следва, че теоретично погледнато, ако се намерят подходящите признаци и решения тази класификация може да се възпроизведе, т.е. да се получат всички решения. Следователно чрез класификация може да се намери желаното решение на проблем.

Твърдение 24: Всяка правилна задача може да се реши чрез логични разсъждения

Доказателство: Всяко получено решение се подчинява на съществуващите закони и закономерности, то логически свързва елементите на еО, поради което може да бъде намерено чрез логични разсъждения.

Твърдение 25: Всяка правилна задача може да се реши по случаен начин

Доказателство: Човешката история изобилствува с примери за еО, при които открития (решения) са ставали по случаен начин.

Твърдение 26: Всяка правилна задача може да се реши чрез логически разсъждения или по аналогия с друго решение, или чрез класификация, или по случаен начин

Доказателство: Твърдението е обобщение на Твърдения 22- 25.

Твърдение 27: Създаването на един единствен общовалиден eM е невъзможно

Доказателство 1: „Единствен метод” може да се разглежда в следните аспекти:

Аспект 1. Метод, който съдържа всички останали.

Броят на eM е голямо число (Твърдение 28), броят на eMM е голямо число (Твърдение 31), а освен това броят на eM във времето нараства (Твърдение 33), поради което няма как да се създаде метод, който да обхваща всички останали.

Аспект 2. Метод, чрез който могат да се решат всички видове задачи.

Съгласно Твърдение 19 броят на e3 е безкрайно голям, а освен това този брой и непрекъснато нараства (Твърдение 20). Ето защо намирането на единствен метод, който да обхваща всички съществуващи, а още повече неясно какви новопоявяващи се задачи е невъзможно.

Аспект 3. Метод, чрез който могат да се решат всички задачи от конкретен медиатор.

От една страна броят на правилните задачи е голямо число (Твърдение 19), а от друга страна един медиатор може да реши само задачи, които са в неговата компетентност (Твърдение 50). Няма човек в света, който да е компетентен по всички видове задачи, чийто брой е голямо число.

Аспект 4. Метод, използването на който от различни хора довежда до едни и същи решения.

Това е възможно само при формализуемите задачи, а както е известно евристичните задачи не са такива.

Аспект 5. Комбинации на горните елементи (някои или всички).

Тъй като сами за себе си аспекти 1-4 не предполагат единствен метод, комбинацията им-също.

Доказателство 2: Гледните точки върху един проблем (Твърдение 13) съставят евристична безкрайност, а всяка гледна точка е възможен път за решаването на проблема. Многото гледни точки дават различни възможности на различните хора да търсят решение на изходна e3, а един

единствен метод не може да обхваща всички гледни точки, чийто брой е голямо число.

Доказателство 3: Съществуват много пътища за създаване на евристични методи. Тези пътища подсказват по различен начин способ за намиране на решение от медиатора. Наличието на много пътища за търсене на решения, по всеки от които могат да се създават множество методи, е едно сериозно препятствие за създаване на единствен метод, който да ги включва.

С други думи намирането на единствен общовалиден eM е равносилно на откриване на Perpetuum mobile в евристичните методи.

Твърдение 28: Евристичните методи съставят евристична безкрайност (броят им е голямо число), т.е. $N(eM) \rightarrow e\infty$

Доказателство: Под евристичен модул в настоящата работа се разбира обособена част от метод, чрез която:

- самостоятелно може да бъде решен проблемът на изходния eO (основен модул) или

- подпомага други модули (помощен модул); помощният модул подпомага основни модули (два или повече) чрез извършване на общи за тях дейности, като по този начин се спестява многократното извършване на една и съща дейност.

От определението на модул следва

Твърдение 28.1: Всеки метод съдържа един или повече евристични модули.

Ако се състави база данни от модули, то нови евристични методи могат да се получат чрез обединяване на модулите, т.е.

$$eM = \sum eMo_i, i=1,2,\dots, k \quad (1)$$

където eM е евристичен метод, eMo-основен евристичен модул, а k- приетият брой модули в eM.

Нека броят на всички основни модули в базата данни с модули е n. Броят на всички комбинации K на елементи от множеството модули от k-ти клас ще бъде

$$K = n! / k! (n - k)! \quad (2)$$

При $n = 50$ и $k = 5$, $K = 50! / 5!(50-5)! = 2\,118\,760$ метода. Като се има предвид, че:

- $n = 50$ е сравнително скромно число;

- методите могат да бъдат с по- малък или по- голям брой модули k,

то за общия брой възможни методи K_o ще се получи доста голямо число.

Тъй като всички съставени евристични методи представляват една фамилия, получена от съче-

таване на модули, общият метод може да бъде наречен мегаметод „Модули”. Чрез термина „мегаметод” еММ в случая се означава метод, чрез който се получават множество (фамилия) от евристични методи.

Твърдение 29: От всеки еМ може да се получи мегаметод

Доказателство 1: От всеки еМ може да се получи модификация (Твърдение 32) на метода, при което е налице нов в някаква степен метод. Ако към новия метод се приложи същото твърдение следва да се получи нова модификация. Този процес може да продължи многократно към всеки от новополучените модификации. По този начин от изходния метод ще се получат множество модификации (фамилни методи), а това означава, че изходният еМ е еММ.

Доказателство 2: Тъй като броят на модификациите на еО е голямо число (Твърдение 5). Под модификация се разбира нов еО, който е получен на базата на изходния еО, има същата ГФ, но се различава от изходния еО.), то при еО= еМ същото може да се каже по отношение на модификациите на даден еМ, което означава, че еМ е еММ.

Твърдение 30: Методите, чрез които може да се реши една правилна задача съставят евристична безкрайност (броят им е голямо число)

Доказателство 1: Съгласно Твърдение 13 гледните точки върху един проблем съставят евристична безкрайност, а всека гледна точка може да се разглежда като път (метод) за търсене на решение.

Доказателство 2: Както беше казано при доказателството на Твърдение 28 броят на еМ, които се получават от еММ „Модули” е голямо число. Тъй като повечето от съществуващите евристични методи са инвариантни спрямо проблема, който решават, намирането на 50 модула (части от методи или методи), по всеки от които да може да се решава една произволна задача, не представлява проблем. Тези модули ще участвуват в съставянето на еММ „Модули”.

Доказателство 3: От една страна всяка правилна задача има безкрайно голям брой решения, (Твърдение 49), а от друга страна срещу всяко решение може да се съпостави евристичен метод,

чрез който решението може да се получи (Твърдение 34).

Твърдение 31: Евристичните мегаметоди съставят евристична безкрайност (броят им е голямо число), т.е. $N(eMM) \rightarrow e\infty$

Доказателство 1: От една страна от всеки еМ може да се получи еММ (Твърдение 2), а от друга страна от всеки метод може да се получи модификация на метода (Твърдение 32).

Нека по даден еМ се направи еММ, по който той се получава, както и се направи модификация еМ_ф на еМ. Ако се постъпи обратното, в еММ да се направят корекции, така че по еММ да се получат не само еМ, но и неговата модификация еМ_ф. Това не би трябвало да е проблем, тъй като еМ_ф не се различава значително от еМ.

Аналогично може да се постъпи и с получаване на друга модификация на еМ и отразяването ѝ в еММ. Броят на всички модификации съгласно Твърдение 5 е голямо число. Така се получава еММ, от който могат да се получат множество еМ.

Тъй като евристичните методи съставят евристична безкрайност (Твърдение 28) по описаната технология могат да се получат еММ, които ще съставят евристична безкрайност.

Твърдение 32: Всеки еМ може да бъде модифициран

Доказателство 1: Съгласно Твърдение 5 модификациите на еО съставят евристична безкрайност. Ако се замести еО с еМ ще се получи твърдението, че модификациите на еМ съставят евристична безкрайност, което е и доказателството на твърдението.

Доказателство 2: Ако към произволен изходен еМ се приложи метод „Неяснота”, който се състои в довеждане до неяснота на описанието на метода, то полученият резултат ще е метод по-неясен от изходния, т.е. модификация на изходния.

Твърдение 33: Броят на еМ във времето непрекъснато нараства

Доказателство 1: От една страна евристичните методи съставят евристична безкрайност (Твърдение 28), а броят на откритите до този момент еМ е много малък (далече от тази безкрайност. От друга страна всеки човек може да създава еМ (Твърдение 43), а евристичната дейност съпътствува Homo Sapiens докато той съ-

ществува (Твърдение 40). От казаното следва, че в един продължителен бъдещ период от време броят на еМ ще нараства.

Доказателство 2: Тъй като знанието е безкрайно (Твърдение 21), логично е в течение на времето да се откриват нови твърдения (Твърдение 8). Вид твърдения са и основните идеи на евристичните методи, а чрез тях е налице възможност за разработване на нови еМ. Логично е да се допусне, че тази или друга възможност ще бъде използвана, тъй като всеки човек е творческа натура (Твърдение 42), която постоянно решава проблеми (Твърдение 44) и при повтарящи се задачи човекът ще оформя по един или друг начин шаблон (начин, способ, метод) еМ за решаването им (Твърдение 43). Тъй като нови задачи постоянно възникват (Твърдение 20) за всеки човек, то като се отчете броят на нормалните хора на планетата (около 6 700 000 000) следва, че еМ (писани и ненаписани, но използвани) непрекъснато ще нараства.

Твърдение 34: От всяка еИ може да се състави еМ, по който да може да се получи изходната еИ

Доказателство: Съгласно Аксиома 3 всяка еИ се получава по метод. От това следва, че срещу всяка идея теоретично може да се съпостави евристичен метод, по който тя би могла да се получи.

Твърдение 35: Методите за извършване на дадена евристична дейност съставя евристична безкрайност (броят им е голямо число)

Доказателство: Наличието на творческа дейност (Твърдение 46) предполага евристични задачи и евристични методи за тяхното решаване, а съгласно Твърдение 30 броят на евристичните методи за решаване на еЗ е голямо число.

Твърдение 36: Всеки еМ може да се използва за развитие на себе си

Доказателство: Всеки алгоритъм на еМ съдържа съществени точки, чрез които се оформя пътя за търсене на решение. Ако към всяка от тези точки се приложи метод „Класификация”, то съгласно Твърдение 23 могат да се получат нови решения на точката. Всяко от тези решения може да се използва за промяна (развитие) на изходния еМ.

Твърдение 37: Всеки метод (евристичен или неевристичен) може да се използва за решението на произволен проблем

Доказателство 1: Ако изходният еМ се разгледа като съвкупност от думи, то всяка дума може да се използва за търсене на решение на произволен проблем (Твърдение 48).

Твърдение 38: Методите за търсене на модификации на еО съставят евристична безкрайност (броят им е голямо число)

Доказателство: Броят на модификациите на еО представлява голямо число (Твърдение 5). Съгласно Твърдение 34 от всяка еИ може да се получи еМ. Тъй като всяка модификация на еО може да се разглежда като реализацията еИ, то от всяка модификация може да се получи еМ. От факта, че броят на модификациите на еО представлява голямо число (Твърдение 5) следва твърдението, което трябваше да се докаже.

Твърдение 39: Методите за проектиране съставят евристична безкрайност (броят им е голямо число)

Доказателство: Съгласно Твърдение 28 евристичните методи съставят евристична безкрайност, а тъй като процесът на проектиране включва значителна част творческа дейност, то очевидно, че и методите за проектиране по отношение на творческата си част ще съставят евристична безкрайност.

Твърдение 40: Евристичната дейност е неизчерпаема и ще съпътствува Homo Sapiens докато той съществува

Доказателство 1: Тъй като всяка дейност притежава недостатъци (Твърдение 3), то тя непрекъснато може да се подобрява, в което се състои и нейния прогрес (Аксиома 2), т.е. докато човек съществува все ще отстранява недостатъци на някакви дейности, чрез което ще реализира прогрес на тези дейности.

Доказателство 2: Човешките дейности съставят огромно множество, а всяка човешка дейност притежава творчески елементи (Твърдение 46), които я съпътствуват и докато дейностите съществуват ще е налице евристична дейност.

Твърдение 41 (Закон за съществуване на творческата енергия на човек): Творческа енергия на всеки човек съществува докато съзнанието му съществува

Доказателство: Законът е следствие на Аксиома 1 (Всеки умствено нормален човек може да решава евристични задачи).

Твърдение 42: Всеки умствено нормален човек е творец (изобретател)

Заб. Смислът на това твърдение е, че човек не само може да твори, а и непрекъснато твори.

Доказателство: Съгласно Аксиома 1 всеки човек е в състояние да решава еЗ, а съгласно Твърдение 44 всеки човек го прави, от което следва изходното твърдение.

Твърдение 43: Всеки умствено нормален човек може да създава еМ

Доказателство: От една страна всеки умствено нормален човек може да намира решения на евристични задачи (Аксиома 1), а от друга страна всяко решение се получава по някакъв (известен или неизвестен) метод (Аксиома 3), т.е. съзнателно или не човек трябва да си създаде метод за решаването на задачата (хората, които ползват създадени вече евристични методи са пренебрежимо малко спрямо общия брой хора на земята).

Твърдение 44: Решаването на проблеми е нормално състояние на човека

Доказателство: - човек извършва множество дейности на ден (служебни, домашни, семейни, лични), зависещи от много фактори, вкл. и случайни такива, а всяка човешка дейност притежава творчески елементи (Твърдение 46); творческите елементи за налице когато човек решава дадена задача за първи път и първоначално не знае как за я реши, *напр. скъсана обувка, с която трябва да се прибереш; чашата е счупена, а трябва да се пие от нещо; трябва да се отвори вратата на новия хладилник в магазина, а тя не се отваря по обичайните начини за отваряне на врати (приплъзване, завъртване); шефът ти възлага задача, която не знаеш как да решиш; искаш да се представиш различно при: ушиване на нова пола; правене на романтично предложение, поднасяне на цветя, подреждане на празнична маса и т.н. и т.н.;*

- всяка дейност съдържа голямо число недостатъци (Твърдение 3), част от които се отстраняват;

- всяка дейност съдържа проблеми, решаването на които я усъвършенствуват; така част от проблемите се решават;

- всеки проблем съдържа голямо число задачи (Твърдение 12);

- всяка задача има множество решения (Твърдение 49), между които трябва да се даде предпочитание на едно от тях, т.е. отново е налице необходимост от решаване на задачи;

От това може да се заключи, че решаването на проблеми (задачи) е често срещано явление в живота на всеки човек.

Твърдение 45: Творчеството (следва да) се развива през целия живот на човек- от неговото раждане до неговата смърт

Доказателство: След като през целия си живот човек решава евристични задачи (Твърдение 44), то е нормално творческите възможности на човек да се развиват при това решаване на задачи. Освен това поради непрекъснатото решаване на творчески задачи нормално е да се вземат мерки за развитие на творческата дейност във времето на всеки човек.

За отбелязване е, че така или иначе човек е принуден през целия си живот да развива интелекта си, но това стана чрез случайните задачи, които му се появяват в живота. По-доброто е да се създаде система за развитието на интелекта на всеки човек през целия му жизнен път, където обучението ще бъде ситечно и поставено на научни основи. Ползата от това ще се състои в рязко увеличаване на възможностите за решаване на вид евристични задачи и преди всичко такива, каквито се появяват в специфичното всекидневие на всеки човек или група хора.

Твърдение 46: Всяка човешка дейност има творчески елементи

Доказателство 1: Всяка дейност притежава един или множество еО. Тъй като всеки еО може да има множество модификации (Твърдение 5), търсенето на които е евристична дейност, то дейността притежава творчески елементи.

Доказателство 2: Всяка дейност притежава един или множество еО, а всеки еО притежава недостатъци (Твърдение 3), за отстраняването на които е необходима творческа дейност.

Доказателство 3: За всеки еО важи научно-техническият прогрес, а той е непрекъснат и неограничен (Аксиома 2 прогресът е непрекъснат и неограничен). Чрез непрекъснатата творческа дейност ще се търсят прогресивни варианти за еО на разглежданата човешка дейност.

Твърдение 47: Всяка човешка дейност съдържа рутинна и творческа част

Доказателство: Съгласно Твърдение 46 в произволна човешка дейност е налице творческа част. Всяка дейност, която се упражнява известно време придобива рутинен характер, тъй като в човешката природа е да се работи с шаблони. При отстраняване на недостатъци или търсене на нови елементи (еО) на дейността ще е налице творческата част.

Твърдение 48: Всеки елемент (обобщаващо понятие за технически обект, произволен обект, процес, ситуация, ефект, функция, ресурс и др.) може да бъде основа (отправна точка) за търсене на решение на евристична задача

Доказателство: Ако изходният елемент се разгледа като дума или съвкупност от думи, то всяка дума може да се използва за търсене на решение на произволен проблем (Твърдение 10), защото между нея и задачата може да бъде търсена връзка.

Твърдение 49: Решенията (идеите) за всяка правилна (решима) задача съставят евристична безкрайност (броят им е безкрайно голям), т.е. $N(eI) \rightarrow \infty$ *Доказателство 1:* Научно-техническият прогрес (Аксиома 2), разгледан за един конкретен еО, означава, че във времето този еО ще се променя, като получава все нови и нови решения. Безкрайността на времето предопределя безкрайност на решенията на който и да е проблем на този еО.

Доказателство 2: Всяка модификация на еО представлява нейно решение и тъй като броят на модификациите на еО е голямо число (Твърдение 5), то очевидно броят на решенията ще е голямо число.

Твърдение 50: Решенията (идеите), които един човек може да открие за всяка правилна (решима) задача, която е в неговата компетентност, съставят евристична безкрайност (броят им е голямо число)

Доказателство: Тъй като:

- всеки човек може да решава евристични задачи (Аксиома 1);

- броят на методите еМ за решаване на една правилна еЗ е голямо число (Твърдение 35), т.е. може да се намерят подходящи методи за решение и

- броят на решенията еИ на една правилна задача е голямо число (Твърдение 49), то следва, че човек, който решава задача, която е в неговата компетентност (притежава необходимите познания за нея), може да се намери всички еИ, явяващи се решения на еЗ, като тяхното количество е голямо число.

Твърдение 51: Материализациите на всяка идея съставят евристична безкрайност (броят им е голямо число)

Доказателство: Доказателството ще се приведе на примера на ТО и се базира на

Помощно твърдение 1: Съществуват безкрайно много криви (повърхнини)

Достатъчно е да се вземе едно степенно уравнение, описващо крива (повърхнина) и степента да се променя в интервала $[0, \infty]$ за да се види очевидността на помощното твърдение.

Съставните елементи на СЕ са детайли и съединения между тях, а техните съставни елементи са:

1. Детайли:

1а. Форма на детайла за осъществяване на съединението;

1б. Останали форми;

1в. Материал;

1г. Размери.

2. Съединения:

2а. Подвижни

2а1. Низши кинематични двойки

2а2. Висши кинематични двойки

2б. Неподвижни

Всяка СЕ съдържа поне едно неподвижно съединение, осигуряващо геометричната затвореност на детайлите му, а то може да се реализира чрез множество контурни двойки, които да бъдат неподвижно закрепени помежду си чрез други детайли. Контурните двойки [9] са безкрайно много.

От друга страна всяка низша двойка може да бъде заменена с множество от висши двойки.

Формата на детайла (тип 1а) се отнася до подвижно или неподвижно съединение, а останалите форми (тип 1б) съгласно Помощното твърдение могат да съществуват в безкрайно много варианти. Многообразието на вариантите на СЕ се увеличава от възможните множества материали (тип 1в) и размери (тип 1г).

Наличието на безкрайно много варианти на някои от елементите на СЕ доказва твърдението.

Твърдение 52: При необходимост от решаване на дадена евристична задача във времето, идеите, които се явяват нейно решение непрекъснато се увеличават

Доказателство: Броят на идеите, чрез които се решава една задача във времето нараства, тъй като:

- непрекъснато се появяват нови еМ (Твърдение 33), с което се увеличават възможностите за намиране на нови решения;

- непрекъснато се появяват (раждат) нови хора, които биха могли да се заемат отново с решаването на задачата, с което също се увеличават възможностите за намиране на нови решения;

- непрекъснато се придобиват нови знания (Твърдение 21), които предоставят нови възможности за решаване на еЗ.

Твърдение 53: Възможните аналогии при решаването на правилна задача съставя евристична безкрайност (броят на аналогите е голямо число)

Доказателство: От една страна на даден проблем може да се погледне от много гледни точки и броят на тези гледни точки е голямо число (Твърдение 13). От друга страна всеки елемент може да се използва като основа за търсене на решение по аналогия (Твърдение 48). Следователно една или повече елемента (думи) може да се използват за търсене на решение като се включат множество (голямо число) гледни точки, което означава, че са налице голямо число възможни аналогии.

Твърдение 54: От един и същи елемент (обобщено понятие за произволна дума) могат да се получат голямо число аналогии

Доказателство: Съгласно Твърдение 48 един елемент може да се използва като основа за търсене на решение по аналогия на задача. Ако това твърдение се приложи за различни задачи, чийто брой е голямо число, то ще се получи твърдението, което трябва да се докаже.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работата са доказани 54 твърдения, отнасящи се до теорията на евристичното проектиране. Те могат да се използват за изграждането на теорията.

Литература

1. **Лепаров М.** Относно теорията на евристичното проектиране, научна конф. "Основи и технически средства за конструиране", С., ТУ-София, 2010.
2. **Попов М.** Терминологическият словарь по техниката, М., Технетика, 2009.
3. **Грецов А.Г.** Выбираем профессию. Советы практического психолога. – СПб.: Питер, 2005.
4. **Българо-руски политехнически речник**, С., Техника, 1975.
5. **Колин П.** Английско-български компютърен речник, С., Изд. къща „Труд“, 2008
6. **Габеров И.** Речник на чуждите думи в българския език, С., изд. „С“ - ЕООД, 1999.
7. **Половинкин А.И.** Законы строения и развития техники, Волгоград, Изд. Волгоградская правда, 1985.
8. **Куделин Е.Г.** Диалектика производства и потребностей, М., Политиздат, 1977.
9. **Озол О. Г.** Теория механизмов и машин, М., Наука, 1984.
10. **McCrum R., W. Cran, R. MacNeil.** *The Story of English.* New York: Penguin, 1992: 1
11. <http://www.mlsp.government.bg/bg/index.asp>. Посетен на 01.10.2010г.
12. <http://rechnikat.com/index.htm>. Посетен на 01.10.2010г.

SOME STATEMENTS IN THE THEORY OF HEURISTIC DESIGN

Michail LEPAROV

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

Abstract: The search for creative diversity in each human activity is the main task of the theory of heuristic design. Basic statements of the theory are proved in the present work; such statements are a summary of laws, regularities and principles. The statements can be used to develop the theory of heuristic design.

Keywords: theory of heuristic design, theory, design, heuristics

ОЧЕРК ОБ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ МОЩНЫХ ОДНОКОВШОВЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ В РОССИИ: ОБЗОР, АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Пётр ПОБЕГАЙЛО

НПО „Текнокон”, Москва, Россия

e-mail: petrp214@yandex.ru

Резюме: В этой работе представлен краткий очерк об истории развития мощных гидравлических экскаваторов в России. Так же рассмотрены их возможные перспективы в настоящее время.

Ключевые слова: Гидравлические экскаваторы, проблемы эксплуатации, перспективы

Настоящее исследование частично опубликовано нами в статье [1], в 2004 г. За прошедшие годы в рассматриваемой области произошел ряд изменений. Этим и вызвана потребность в переиздании данной отредактированной и дополненной работы.

1. ВВЕДЕНИЕ

Мощные гидравлические экскаваторы (МГЭ) предназначены для работы на карьерах при вскрытии и добыче полезных ископаемых, а также на строительстве с большими объемами перемещаемой земляной и/или горной массы в качестве выемочно-погрузочных машин. Опираясь на ГОСТ 30067-93 [2], к экскаваторам этого класса следует относить все машины с эксплуатационной массой равной или более 71 т.

Возможность независимого перемещения ковша, рукояти и стрелы, а также совмещение двух или трех движений значительно расширили технологические особенности этих машин в сравнении с традиционными механическими лопатами. Использование при отработке забоя различных траекторий движения ковша обеспечило применение различных режимов копания. Основными из них являются послойная выемка, представляющая собой перемещение ковша по прямолинейной траектории с последующим его поворотом, и совмещенное черпание, осуществляющееся поворотом рукояти и ковша в процессе движения последнего по забою.

Характерной особенностью для каждого из названных режимов экскавации является возможность поддержания угла черпания в области

рациональных значений. При этом, грунтовая масса в процессе наполнения ковша находится, как бы в зажатой среде, между массивом и стенкой ковша. Это способствует снижению коэффициента разрыхления породы в ковше и увеличению коэффициента наполнения. Кроме этого, реализация различных траекторий движения ковша делает возможным разработку высоких уступов с помощью управляемого обрушения и последующим наполнением ковша по подошве забоя.

Поворотность ковша гидравлического экскаватора (ГЭ) в сочетании с возможностью его прямолинейного перемещения и высокими развиваемыми усилиями делают эффективной селективную отработку маломощных пластов, а также улучшают условия зачистки забоя. Кроме того, применение в рабочем оборудовании (РО) ковша челюстного типа обеспечивает плавность и точность разгрузки с минимальной высоты, регламентируемой размерами транспортного средства, что особенно важно при погрузке большегрузных самосвалов и думпкаров.

Расширенные технологические возможности, увеличенные, по сравнению с механическими экскаваторами, усилия копания и меньший вес МГЭ определяют специфику нагружения и работу основных узлов и металлоконструкций, а также предъявляют повышенные требования к их надежности.

В мировой практике накоплен большой опыт создания МГЭ. По данным работ [1, 3 – 11 и др.] МГЭ в сравнении с механическими лопатами, при примерно равных усилиях копания, имеют почти в два раза меньшую металлоемкость, что требует

меньших затрат потребляемой энергии. Более детальный анализ и сравнение МГЭ и механических лопат; различные, далеко неоднозначные оценки этих машин и результатов их эксплуатации, можно найти в работах [4, 8 – 17 и множестве др.]¹.

Почти все МГЭ оснащаются несколькими ковшами различного типоразмера в зависимости от разрабатываемого грунта, а также сменным РО. Таковым является РО с изменяемыми рабочими размерами с соответствующими ковшами, либо РО типа обратная лопата. Кроме этого, некоторые фирмы выпускают ряд моделей, оборудованных на понтоне (обратная лопата) для разработки грунта под водой.

Сравнение отечественн² МГЭ с аналогичными зарубежными экскаваторами показали, что последние обладали (на конец 80-х годов XX века) меньшей металлоемкостью. Это, по-видимому, можно объяснить применением при конструировании отечественных ГЭ приближенных методов расчета, а также низким качеством изготовления, что заставляло конструкторов закладывать заведомо завышенные коэффициенты запаса прочности. К тому же отсутствовала отработанная технология проектирования³ такого рода машин.

Первые МГЭ, выпуск которых начали в 70-х годах XX век⁴, имели достаточно простую кинематику РО, сравнительно небольшую вместимость ковша и массу. Процесс их совершенство-

вания проходил по следующему пути. Почти всеми фирмами – производителями спроектирован и изготовлен ряд ГЭ с увеличенными энергетическими характеристиками и вместимостью ковша. При этом каждая из фирм, используя разнообразные конструкторские решения, идет по пути автоматизации процесса копания, за счет совершенствования кинематики РО, а также введения различных автоматических систем.

Следует также отметить большие усилия фирм, направленные на создание различных энергосберегающих устройств и систем диагностики. Это, прежде всего, касается устройств, связанных с эксплуатацией дизельной приводной установки, а также гидравлических систем, в особенности аккумулирующих энергию в процессе опускания либо поворота РО⁵.

Применение такого рода устройств и систем значительно облегчает эксплуатацию, позволяет более легко использовать возможности ГЭ, исключая элементы случайности при его управлении, а также создает оптимальные условия работы его узлов и агрегатов.

На фоне этих несомненных успехов следует отметить один большой минус – существенный отрыв гидроэкскаваторостроения от робототехники, что негативно влияет на скорость внедрения в практику новейших достижений современной науки.

2. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ МОЩНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ В РОССИИ⁶

В СССР в период с 1978 по 1988 гг. эксплуатировалось три таких машины производства ПО «Уралмаш». Это ЭГ-12 – 1978-1982 гг. (в 1988 г. переоборудован в – ЭГО-6), ЭГ-12А – 1985-1988 гг. и ЭГ-20 – 1986-1988 гг. Все машины эксплуатировались на разрезе «Кедровский» ПО «Кемеровоуголь». Начиная с 1989 г. их эксплуатация прекращена в связи с отказом разреза⁷ от

¹Целью настоящей работы не является обоснование преимущества МГЭ над механическими лопатами или наоборот. Можно предположить, что выбор того или иного вида экскаваторов зависит от конкретных условий их эксплуатации, а также от культуры их обслуживания и ремонта, качества подготовки забоя. Следует обратить внимание, что итоги эксплуатации МГЭ в СНГ и в других странах кардинально различаются, о чем мы еще скажем ниже в данной работе. Кроме того, надо иметь в виду, что многие фирмы и авторы своими «псевдонаучными» работами рекламируют именно выпускаемую ими технику и ругают машины конкурентов.

²В работе часто вместо слова «русские» используется слово «отечественный», что в нашем случае эквивалентно.

³Естественно, что здесь мы имеем в виду и потребные математические модели, и программы их реализующие, которыми, однако, понятие «технология проектирования» не исчерпывается.

⁴В работе [11] сказано, что завод «Маннесманн Демаг Баумашинен» к 1974 г. освоил выпуск МГЭ с ковшом вместимостью до 14 м³. По мнению автора указанной работы, эта фирма была самой первой в мире, как в деле освоения МГЭ, так и при освоении строительных ГЭ (с 1956 г.).

⁵Из отечественных работ в этой области следует отметить труды к.т.н. Рустановича А.В., к.т.н., проф. Шестакова В.С., к.т.н. Якушева А.Е., к.т.н., проф. Раннева А.В. и многих др.

⁶Историю переходных моделей, частично гидрофицированных экскаваторов, можно найти в работах [18, 19 и др.].

⁷Причинами для отказа от МГЭ стали, во-первых, дороговизна зарубежных комплектующих, во-вторых «политическая борьба» на заводе, где были больше заинтересованы в произ-

использования этих машин⁸. В таблице 1 приведена наработка объемов грунтовой массы этих экскаваторов с начала эксплуатации, а в таблице 2 основные технические характеристики ЭГ-12А и ЭГ-20 [2 – 4, 8 – 10 и др.].

Следует учесть, что эти машины представляли собой опытные образцы, и их работа сопровождалась постоянными доводками и модернизациями.

табл.1 Нарботка объемов грунтовой массы отечественных карьерных гидравлических экскаваторов

Отчетный год	ЭГ-12	ЭГО-6	ЭГ-12А ⁹	ЭГ-20
1	2	3	4	5
Горная масса, тыс. м ³ .				
1978	6,9	-	-	-
1979	341,5	-	-	-
1980	236,6	-	-	-
1981	245,7	-	-	-
1982	126,7	-	-	-
1983	-	-	-	-
1984	-	-	-	-
1985	-	-	587	-
1986	-	-	218	143
1987	-	-	153,3	152,7
1988	-	88,3	426,3	21,4
Всего	957,4	88,3	1384,6	317,1

К наиболее частым отказам относились разрывы шлангов высокого давления, течи масла в трубопроводах, отказы в приводе главных насосов (раздаточные редукторы) [21 и др.]. Около 20% простоев было вызвано проблемами с электрооборудованием. Несмотря на незначительную наработку, имели место отказы металлоконструкций (на ЭГ-12А – трещины в РО и ковше, остаточные деформации и износ гусеничных рам; на ЭГ-20 – трещины в поворотной платформе и ковше, деформации и износ гусеничных рам; на ЭГ-12 (ЭГО-6) – трещины в РО, поворотной платформе, отказы ходового оборудования) [1, 3, 4, 8, 9, 21 и др.].

водстве механических лопат ЭКГ-20 (об этом пишет к.т.н. Червяков С.А. в [20 и др.]).

⁸ Экскаватор ЭГ-12А работал до конца 1995 г. на другом разрезе, пока были в наличии запасные части к нему (эта информация любезно предоставлена инженером Семенниковым В.С.).

⁹ Данные по ЭГ-12А после 1988 г. нам не известны.

Несмотря на недостаточную надежность, эти машины в отдельные периоды времени показали достаточно высокую производительность, продемонстрировав при этом широкие возможности ГЭ, что подтвердило мысль о необходимости проведения дальнейших исследовательских, конструкторских и проектных работ по созданию таких машин. Вместе с тем, следует заметить, что переход на серийный выпуск МГЭ взамен канатных на данном этапе развития отечественного карьерного гидроэкскаваторостроения преждевременен, да и вряд ли возможен. Сейчас целесообразно лишь дополнение существующего парка механических лопат МГЭ с одновременным определением для последних наиболее перспективных областей их применения [1, 3 – 17, 22 – 28 и др.].

В работах [3, 4, 6, 8 – 10, 22, 23, 28 – 39 и др.] подробно рассказано об испытаниях и конструкции отечественных МГЭ. Вот некоторые выдержки из этих работ.

В 1977 году ПО «Уралмаш» изготовило первый в мире¹⁰ специальный карьерный гидравлический экскаватор ЭГ-12 с вместимостью ковша 12 м³ (рис.1).



рис.1 Первый отечественный карьерный гидравлический экскаватор ЭГ-12

Испытания ЭГ-12 в 1979 г показали, что усилия развиваемого на режущей кромке ковша (1000-1200 кН) достаточно для наполнения ковша в породах первой и второй категории крепости по ЕНВ – с коэффициентом наполнения 0,9-1.

¹⁰ По мнению самого завода

табл.2 Технические характеристики отечественных карьерных гидравлических экскаваторов ЭГ-12А

Машина	Объем ковша, м ³	Макс. высота копания, м	Макс. радиус копания, м	Макс. высота разгрузки, м	Макс. радиус разгрузки, м	Установленная мощность, кВт	Макс. усилие копания при внедрении, кН	Среднее удельное давление на грунт, Мпа	Продолжительность цикла, с	Масса, т	Удельная металлоемкость/м ³	Удельная энергоэффективность, кВт/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ЭГ-12А	12,0	13,5	15,0	10,5	13,0	630	1100	0,22	28,0	330	27,5	52,5
ЭГ-20	20,0	18,0	18,0	14,8	15,5	1260	2000	0,22	28,0	540	27,0	63,0

Продолжительность цикла была 33 - 42 с, максимальные усилия, развиваемые в процессе копания, на зубьях ковша достигали 1300 кН при глубине внедрения ковша 2,5 м. Вывод ковша из забоя и копание по траекториям, близким к траекториям карьерных механических лопат происходил с меньшими усилиями, в среднем 500-700 кН. Диаметр среднего куска в этих условиях достигал 500 мм.

Анализ работы использованного на этой машине ковша совкового типа выявил ряд его существенных недостатков (залипание грунта, увеличение продолжительности рабочего цикла и пр.), что привело к замене его на ковш челюстного типа на следующих отечественных машинах.

Во время промышленных испытаний была достигнута средняя забойная производительность экскаватора 940 м³/ч.

На основе этой машины, с учетом полученных результатов была создана новая модель – ЭГ-12А с челюстным ковшом, улучшенными конструкциями ходовой части и гидрооборудованием (рис.2 а, б).

Испытания ЭГ-12А проводились в 1985 г. Крепость пород по ЕНВ I-IV категорий, угол падения угольного пласта 15-35°, средняя высота забоя до взрыва от 8 до 12 м, подготовленного буровзрывными работами до 19 м, угол откоса уступа от 75 до 80°.

Максимальный кусок до 600 мм. Погрузка производилась в автосамосвалы грузоподъемностью 75 и 110 т.

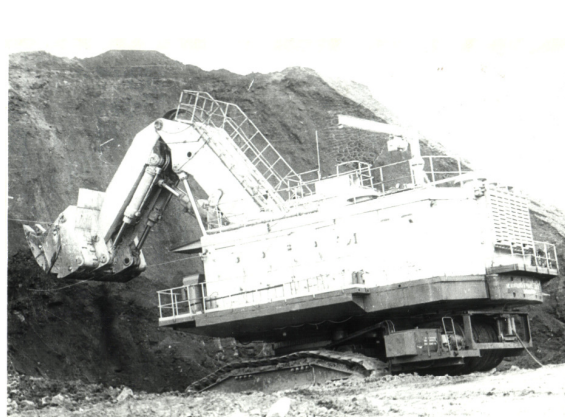


рис.2а) Мощный гидравлический экскаватор ЭГ-12А в забое



рис.2б) Мощный гидравлический экскаватор ЭГ-12А в забое

Средняя продолжительность цикла составляла 31,6 с при работе в отвал. Автосамосвал грузоподъемностью 75 т загружался в среднем за 126,5

с тремя-четырьмя ковшами. При этом средняя продолжительность цикла составляла 36-40 с.

Коэффициент использования машины изменялся за месяц от 0,19 до 0,52 при достигнутом коэффициенте готовности 0,91.

Во время испытаний была достигнута забойная производительность 900 м³/ч, а техническая - 1250 м³/ч.

Промышленные испытания ЭГ-20 происходили летом 1986 г (рис.3). Погрузка производилась в автосамосвалы грузоподъемностью 110 т. В процессе работы выявилась острая необходимость в 180 тонных автосамосвалах. Во время испытаний средний размер куска взорванной горной массы не превышал 430 мм, высота взорванного забоя колебалась от 9 до 15 м, ширина экскаваторной заходки – от 24 до 26 м. Кроме того, производилась погрузка вскрышных пород в железнодорожный транспорт в вагоны грузоподъемностью 105 т, при этом была достигнута эксплуатационная производительность экскаватора 1300-1500 м³/ч и высокий коэффициент наполнения ковша. Был установлен оптимальный состав поезда – 10 думпкаров ВС-105 при вместимости одного думпкара 3 ковша экскаватора и среднее время погрузки состава 25 мин.

За годы работы ЭГ-12А и ЭГ-20 в их конструкцию были внесены различные конструктивные новшества: система опускания стрелы под действием собственной массы без использования насоса, поворот ковша под влиянием внешней нагрузки, принцип плавающей стрелы, стабилизация процесса копания и др.

В 1987 г. опытный образец ЭГ-12 был переоборудован в обратную лопату с ковшом вместимостью 6 м³ и глубиной копания 10 м.

Промышленные испытания ЭГО-6 проходили летом 1988 г на нижнем горизонте третьего участка разреза «Кедровский» в районе водоотливной станции на угольном пласте. Экскаватор осуществлял погрузку грунта в автосамосвалы БелАЗ-548 грузоподъемностью 40 т. Кроме того, машина работала в сильнообводненных условиях и производила осушение пласта путем проходки канав для стока воды и углубления зумпфа водоотливной станции.

Из-за организационных трудностей испытания машины проводились во взорванном угольном забое на глубине 4 м.



рис.3 Экскаватор ЭГ-20 в забое

При работе с выгрузкой в отвал средняя продолжительность цикла экскаватора составляла 30,5 с, а при погрузке в автосамосвалы грузоподъемностью 40 т – 34,9 с при углах поворота 97-100°.

Усилия, развиваемые при копании на режущей кромке ковша, достигали 500 кН. Максимальные усилия возникали в нижней части забоя (средняя часть траектории). В начале и конце копания усилия колебались от 250 до 350 кН. При этом около 2/3 траектории занимало копание под действием привода рукояти (активное усилие на штоке 650-2000 кН) и 1/3 в конце траектории – копание под действием привода ковша (активное усилие на штоке 700-800 кН).

Анализ проведенных испытаний подтвердил, что приемы копания неодинаковы у различных машинистов¹¹.

На отечественных МГЭ применялся высоковольтный асинхронный электродвигатель в качестве первичного, а механизмы поворота платформы и хода были выполнены с традиционным электроприводом по системе "Г-Д"¹². Для ЭГ-20 был принят удвоенный комплект электрооборудования от ЭГ-12А. Все электрооборудование размещалось в изолированных секциях кузова с

¹¹ Это подтверждает диссертация [40], а также статья [41], и некоторые отечественные работы, например, выполненные к.т.н., проф. Балаховским М.С. (в приложении к экскаваторам драглайнам).

¹² Большой вклад в части совершенствования поворотных устройств МГЭ сделан к.т.н., проф. Шестаковым В.С., смотри например его диссертацию [42], и его коллегами из УГГУ и УЗТМ. Их предложения все еще ждут своего внедрения в практику. Также тут следует иметь в виду работы к.т.н. Васильевой В.В. [43 и др.], к.т.н. Рустановича А.В. и др.

интенсивной системой проточно-вытяжной вентиляции.

В качестве опорно-поворотного устройства (ОПУ) использовались трехрядные роликовые круги в комплекте с зубчатым венцом. Они крепились к металлоконструкции поворотной платформы и нижней раме высокопрочными болтами или шпильками¹³.

В конструкции ходовых тележек были приняты раздельный привод гусениц, гребневое зацепление гусеничного хода с криволинейными кулачками и литыми звеньями гусениц, многоопорный гусеничный ход, сварные гусеничные рамы.

Сварка широко применялась в узлах РО, поворотной платформы, корпусов редуктора, кузова и кабины. При этом, использовались низколегированные стали 10ХСНД, 09Г2С, а полуавтоматическая сварка осуществлялась в среде инертных газов.

Насосно-генераторный агрегат был смонтирован на сварной раме и установлен на платформе на резиновых амортизаторах. Крутящий момент к аксиально-поршневым насосам и генератору передавался эластичными муфтами с резиновыми пальцами. Бак для рабочей жидкости вмещал четырех минутный расход главных насосов (для ЭГ-20 – 7000 л.). Применялся специально разработанный унифицированный механизм поворота (мощностью 1000кВт) с планетарным двухступенчатым редуктором.

Применение объемного гидропривода обеспечило лучшее соотношение мощности и массы машины, позволило упростить кинематику РО, обеспечило независимость бесступенчатого регулирования скорости копания в широком диапазоне рабочих движений с практически любой траекторией копания.

Помимо этих машин на Уралмаше и Ижорском заводе были спроектированы еще несколько одноковшовых МГЭ, однако ни один из них не

был доведен до изготовления (ЭГ-10, ЭГ-15, ЭГ-20Б, ЭГО-8 и пр.).

3. ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ В РОССИИ С ПРОИЗВОДСТВОМ МОЩНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ

На сегодняшний день в России существует и реально работает (или недавно работало) несколько отечественных одноковшовых МГЭ: ЭГО-150 (по старой классификации ЭГО-4А) с рабочим оборудованием обратная лопата и прямая лопата ЭГ-110.

Сначала, пользуясь материалами [7, 22, 23 и др.], расскажем о машине ЭГО-150 подробнее (рис. 4).

Этот экскаватор в отличие от обычных карьерных экскаваторов типа прямая лопата способен разрабатывать забой ниже уровня стоянки и более высокий уступ, что увеличивает его рабочую зону. Он успешно работает в обводненных забоях при прокладке дренажных траншей и зумпфов, а также при выполнении строительных работ. Наибольшая производительность экскаватора достигается при погрузке в самосвалы, расположенные ниже уровня стоянки экскаватора, за счет уменьшения угла поворота и высоты подъема стрелы.

Данный ГЭ имеет следующие особенности:

- применение автономного дизельного привода позволяет сократить время на перегон экскаватора при проведении буровзрывных работ и исключить операцию по переносу кабеля электропередачи;

- возможность горизонтального перемещения ковша в забое¹⁴ позволяет производить наполнение ковша при разработке тонкого слоя породы (до 0,3-0,4 м), т.е. выполнять послынную выемку породы или полезного ископаемого из россыпных месторождений в районах вечной мерзлоты.

Кинематическая схема РО экскаватора предоставляет возможность реализовывать различные траектории движения ковша при одновре-

¹³ О некоторых проблемах и достижениях в деле совершенствования ОПУ, нижней и гусеничных рам одноковшовых экскаваторов говорить в нашей статье [6], а также в работах к.т.н., проф. Доронина С.В. [44 др.], его учеников (в первую очередь к.т.н. Герасимовой Т.А. [45 и др.]), и учителей [например, 46 и др.] из ИВМ СО РАН. Интересные исследования по этим вопросам можно найти так же в диссертации [3].

¹⁴ Надо понимать при этом, что основной и наиболее эффективный режим работы обратной лопаты это копание ковшем. Обеспечение же горизонтального хода ковша требует усложнения системы управления операцией копания как минимум. Данные об этом применительно к ЭГО-150 у нас нет.

менном и последовательном управлении исполнительными органами.

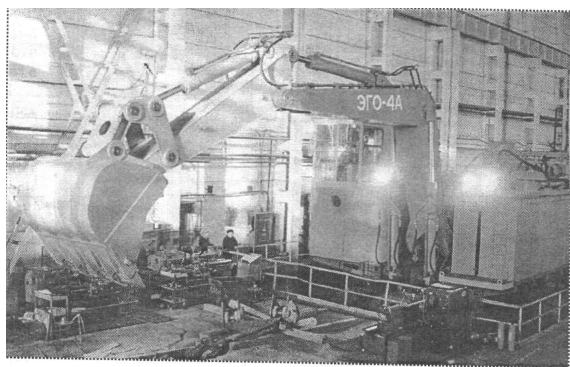


рис.4 Сборка экскаватора ЭГО-150 в цеху (Екатеринбург)

В зависимости от плотности грунта экскаватор ЭГО-150 комплектуется ковшами емкостью от 4 до 8 м³. Ковш выполнен сварным из низколегированной стали, режущая кромка ковша (kozyрек) – литая. Она изготовлена из марганцовистой стали 110Г13Л и оснащена легко съемными коронками. Крепление коронок осуществлено мощными болтами с костыльной головкой, что обеспечивает надежное крепление коронок к ковшу.

Стрела и рукоять – сварные коробчатого сечения из высокопрочной стали¹⁵.

Ходовая тележка – двухгусеничная с индивидуальным гидравлическим приводом на каждую гусеницу. Такая схема привода обуславливает повышенную маневренность экскаватора в забое – разворот может происходить практически на месте. Принятая мощность привода хода обеспечивает скорость передвижения экскаватора в забое до 1,8 км/час и движение по уклону до 15°. В приводе хода использован планетарный редуктор с тормозом кулачкового типа.

Ведущее колесо привода хода для обеспечения надежности и точности зацепления выполнено из ковальной заготовки со съемными кулаками из высокопрочной стали. Конструктивное устройство сопряжения ведущего колеса с гусе-

ницей позволяет производить замену кулаков без демонтажа привода.

С целью улучшения условий обслуживания экскаватора, особенно в зимнее время, вместо капота сделан общий кузов, объединенный с изолированной кабиной машиниста. Вызванное этим некоторое увеличение массы экскаватора следует считать обоснованным.

Габариты поворотной платформы, выполненной из низколегированной стали, позволяют транспортировку ее по железной дороге с частично установленным на ней оборудованием. В поворотном устройстве использован трехрядный роликовый подшипник.

Восемь основных гидронасосов, а также насосы привода вспомогательного генератора и системы управления получают энергию от двух силовых дизелей мощностью по 330 кВт. Гидропривод имеет полнопоточную фильтрацию¹⁶ рабочей жидкости и электронную систему сервоуправления.

Смазка раздаточных редукторов производится циркуляционным способом.

На поворотной платформе находится основное оборудование: баки с рабочей жидкостью и топливом, централизованная система смазки шарниров РО и ОПУ, планетарный механизм поворота, силовые агрегаты и гидроаппаратура.

Кабина машиниста с улучшенной звуко- и теплоизоляцией оснащена автономным обогревателем и кондиционером и соответствует современным требованиям. Кресло-пульт экскаваторщика имеет пневмоподвески и может регулироваться в пространстве и в соответствии с массой машиниста. Командоаппараты электронного сервоуправления смонтированы как одно целое с креслом-пультом, усилия управления и их «рабочий» ход соответствуют современным требованиям. Питание системы управления происходит от аккумулятора (24 V).

Экскаватор комплектуется инструментом и рядом приспособлений для проведения монтажа и ремонтных работ.

¹⁵ По различным вопросам проектирования и расчета металлоконструкций РО ГЭ существует обширная литература. В качестве примера можно указать труды к.т.н. Зарецкого Л.Б., к.т.н. Крикуна А.В. и многих др.

¹⁶ Тут следует упомянуть интересные работы д.т.н. Бродского Г.С., которые могут быть полезны в дальнейшем совершенствовании отечественных МГЭ. Это, например, его монография [47]. Однако, по некоторой информации, в этой работе могут присутствовать неточности, поэтому ей следует пользоваться с осторожностью.

В 1999 г на ОАО «Уралмаш» были проведены цеховые испытания этого экскаватора.

При этом нагрузки на металлоконструкции создавались стопорением ковша с помощью протарированного якорного устройства, закрепленного на центральных зубьях ковша и фундаменте. Такая схема испытаний позволила получить экспериментальные данные и на основании их скорректировать расчетные схемы механизмов, сопоставить расчетные и действительные нагрузки, возникающие в переходных процессах, используя информацию о концевой нагрузке в тензометрическом якоре.

Работа гидравлической системы экскаватора оценивалась по изменениям давлений в напорной и сливной магистралях гидроцилиндров в процессе поворотов элементов РО на холостом ходу и под нагрузкой – при стопорении РО на якорном устройстве.

Проведенные испытания показали следующее.

Максимальные рабочие давления в гидросистеме экскаватора соответствуют настроечным значениям, устанавливаемым предохранительными клапанами на распределителях суммирующих блоков: рабочее давление 30 МПа, реактивное – 32 МПа.

Наибольшее давление в полостях гидроцилиндров возникает в процессе торможения в крайних положениях перемещения штоков. В гидроцилиндрах в данном случае применены тормозные устройства, конструктивно объединенные с поршнем. Торможение, в конечном счете, происходит из-за изменения параметров потока масла за счет уменьшения сечения канала для прохода масла и увеличения гидравлического сопротивления в сливной полости гидроцилиндра.

Максимальные значения давлений при торможении в крайних положениях наблюдались в штоковых полостях гидроцилиндров ковша и рукояти. Так, при повороте ковша «к себе» (выдвижение штока), когда рабочая жидкость подается в поршневую полость гидроцилиндра, работает тормоз штоковой полости. При этом давление резко повышается до 60 МПа и несколько возрастает после остановки поршня. Аналогичный характер имеет изменение давления и в гидроцилиндрах рукояти.

Тормозные устройства гидроцилиндров стрелы поглощают наибольшее количество кинетической энергии от массы всего РО экскаватора, особенно при опускании ковша.

Испытания тормозных устройств выявили необходимость при наладке подбора скорости поворота РО за счет ограничения хода золотника распределителей для исключения возникновения больших тормозных давлений в штоковых полостях гидроцилиндров.

Предельное усилие на зубе ковша составило 400 кН, при этом в металлоконструкциях платформы, стрелы и рукояти напряжения не превысили 50 МПа.

Аэродинамические испытания экскаватора подтвердили работоспособность принятой системы охлаждения. При температуре воздуха 40°C система охлаждения способна обеспечить теплосъем 70 кВт при повышении температуры масла до 65°C, что вполне допустимо для применяемого в системе экскаватора масла ВМГЗ.

Измерения шумовых и вибрационных характеристик, параметров микроклимата и освещенности на рабочем месте машиниста, а также на поверхности «забоя» подтвердили их соответствие требованиям нормативных документов.

В начале двадцать первого века экскаватор ЭГО-150 работал в ИК «Соколовский» Киселевск, Кузбасс¹⁷. За первые полтора года работы машина наработала около 150 тыс. м³ грунта. После этого, из-за замены отечественного дизеля на импортный и кражи бортовой электроники машина простаивала. По мнению завода и разреза, она полностью отвечает паспортным показателям. К сожалению, большей информацией о работе этой машины мы не располагаем.

На начало нового тысячелетия на ОАО «ОМЗ» разработаны и предлагаются для продажи несколько новых моделей карьерных гидравлических машин: ЭГ-150, ЭГ-250, ЭГ-350, ЭГ-550, ЭГО-150, ЭГО-350 и ЭГО-550. Технические характеристики всего модельного ряда предлагаемых ОАО «ОМЗ»¹⁸ карьерных гидравлических

¹⁷ Информация предоставлена инженером В.С. Семенниковым.

¹⁸ Учитывая постоянные «перестройки» в этой организации здесь под ней надо понимать УЗТМ и Ижорский завод. При этом они сейчас (в 2010 г.) прямые конкуренты, т.к. принадлежат различным хозяевам.

экскаваторов указаны в табл.3 и табл.4. Необходимо отметить, что технические параметры, указанные в этих таблицах не являются конечной истиной, ибо эти параметры разнятся как в технической информации самих заводов, так и в рекламных материалах. Кроме того, сейчас заводы работают по принципу «Ваш забой – наша машина», т.е. основные характеристики машины зависят от условий предполагаемой работы¹⁹ (именно по этому изменена индексация машин с классификации по вместимости основного ковша на классификацию по массе машины).

Отметим ряд конструктивных особенностей экскаваторов ОАО «ОМЗ» [22, 23, 28 и др.]:

- электронное сервоуправление с бортовым компьютером;
- полнопоточная система фильтрации с тонкостью очистки 10 мкм;
- редуктор поворота – двухступенчатый планетарный с принудительной циркуляционной смазкой;
- гусеничный ход – многоопорный с независимым приводом на каждую гусеницу, редуктор привода планетарный;
- ведущие колеса со сменными кулачками;
- ковш, стрела и рукоять выполнены из высокопрочной стали;
- ковш снабжен быстросъемными коронками из марганцовистой стали.

Базовые модели ЭГ с оборудованием прямая лопата снабжены механизмами, обеспечивающими автоматическое горизонтирование режущей кромки ковша и "плавающее" положение РО, при качании компенсирующее вредное давление на забой от собственного веса²⁰.

¹⁹ Иностранные же фирмы обычно не подстраиваются под заказчика, четко выдерживая свой типоразмерный ряд. Красноречиво это называется: «прогнуть заказчика под себя». Заметим, что это не позволяет достичь совершенства в конструкциях зарубежных МГЭ.

²⁰ Надо понимать, что это в первую очередь реклама. В действительности никто этого не видел. Как анекдотичный пример такой рекламы (мы еще вернемся ниже к упомянутому тут результату) можно привести пример выполненного нами расчета по методике оценки качества МГЭ обратного копания, адаптированной для России в работе [48]. Сравнение различных машин показало, что отечественные обратные гидравлические лопаты производства УЗТМ более качественны, чем зарубежные. Однако парадокс – зарубежные экскаваторы активно копают, а проекты отечественных машин лежат на полке. Так же этот результат указывает на необходимость совершенствования

Другие машины это модификации базовых моделей, оснащенные РО обратная лопата.

В 2002 году на Ижорском заводе был изготовлен МГЭ ЭГ-5.5 (рис.5). К сожалению, машина получилась не удачной и в серию не пошла до сих пор. Этот экскаватор к 2007 году был модернизирован и переименован в ЭГ-110²¹. Техническую информацию по этой машине можно найти, например, в статьях [23, 28]. Сначала дадим описание первого варианта этого экскаватора, т.е. ЭГ-5.5.

Основные характеристики ЭГ-5.5 прямого копания: максимальное усилие копания – 40 т, радиус копания – 9,7 м, высота копания – 11 м, высота погрузки – 7 м, продолжительность рабочего цикла при повороте на 90° – 25 с, масса – 120 т.

В конструкции машины были максимально использованы серийно выпускаемые отечественными заводами узлы и агрегаты. При желании заказчика, предполагалась замена ряда узлов и агрегатов отечественного производства на зарубежные²².

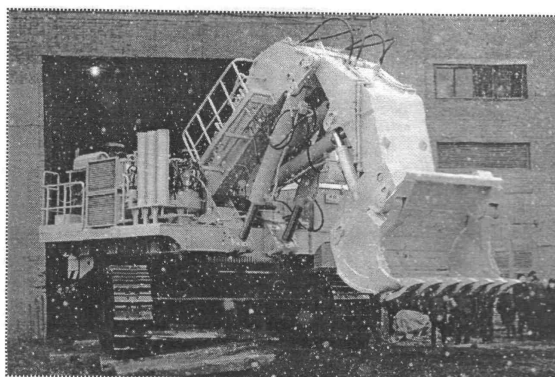


рис.1.5 Экскаватор ЭГ-5.5 на презентации (Ижора)

ования методик оценки качества МГЭ.

²¹ Известны работы, описывающие попытки раскрутить этот экскаватор под другим названием (например, ДГЭ-1200) и от лица другого производителя [49 и др.]. Насколько мы понимаем, толку это также не принесло. Заметим, что в этом ГЭ усиленно применялись зарубежные агрегаты и узлы, что, видимо, сильно подняло его цену.

²² Эта порочная практика, когда сам завод проектирует только металлоконструкции, и как бы выбирает покупное оборудование (по каким научно обоснованным методикам интересно?), сразу отрицательно сказывается на качестве машины и ее надежности (это конечно наше мнение).

Сварные металлоконструкции экскаватора (гусеничные и нижняя рама, поворотная платформа, РО) были изготовлены из стали 10ХСНД и подвергнуты вибро- и термообработке. В конструкции ковша применены также элементы из сталей 110Г13 и 20ХГСП. Зубья были взаимозаменяемы с зубьями от экскаваторов ЭКГ-5У и ЭКГ-5А. Экскаватор имел многоопорный гусеничный ход тракторного типа с жесткой подвеской катков. Опорные катки и шарниры цепи не нуждались в смазке в течении всего срока эксплуатации машины. В механизме натяжения гусеничных цепей был применен гидравлический демпфер. Редукторы привода хода – планетарные, унифицированные с редукторами поворота. На каждом редукторе были установлены по два аксиально-поршневых нерегулируемых гидромотора. В гидроприводе экскаватора были использованы аксиально-поршневые насосы. В гидроцилиндрах привода РО были использованы комбинированные фторопластовые уплотнения. Силовая установка экскаватора мощностью 350 кВт была собрана на основе двух дизельных двигателей ЯМЗ-238, каждый из которых приводил во вращение свою насосную установку, состоящую из четырех основных аксиально-поршневых регулируемых насосов и одного вспомогательного насоса.

Удельная металлоемкость ЭГ-5.5 – 21,82 т/м³ при фактической массе 120 т, а при планируемой массе в 100 т – 18,18 т/м³. Удельная энергооборуженность – 63,64 кВт/м³ (почти такая же, как и у ЭГ-20, что вызывает некоторые вопросы).

А теперь дадим описание модернизированной машине ЭГ-110 и ее варианту с обратной лопатой ЭГО-110 по состоянию на начало 2008 года [28].

Экскаваторы ЭГ-110 и ЭГО-110 максимально унифицированы по базовой машине и отличаются в основном типом РО.

В основу конструкции экскаватора заложен модульный принцип. Экскаватор состоит из трех крупных основных частей: поворотной платформы, ходовой тележки и РО, которые после частичного демонтажа могут доставляться к месту эксплуатации автомобильным или железнодорожным транспортом и монтироваться в сжатые сроки.

На поворотной платформе экскаватора расположены: силовая установка, механизмы пово-

рота платформы, элементы гидравлической системы и кабина машиниста. Поворотная платформа состоит из трех рам: центральной, правой и левой. До отгрузки с завода на каждую раму устанавливаются соответствующие узлы, что позволяет сократить сроки монтажа. Сборку рам осуществляют болтами при монтаже экскаватора. Все рамы выполнены в виде перекрестных балок коробчатого сечения, к которым приварены кронштейны для установки стрелы, кабины и пр. В нижней части центральной рамы приварен кольцевой лист для установки ОПУ, на концах продольных балок центральной рамы закрепляют противовес. На центральной раме с максимально возможным удалением от оси вращения расположена силовая установка, включающая дизель с системами обеспечения, раздаточный редуктор и насосы. Дизельный двигатель ЯМЗ-8506.10 производства Ярославского моторного завода развивает мощность 450/600 кВт/л.с. при частоте вращения 1800 мин⁻¹.

К дизелю прифланцован рядный цилиндрический раздаточный редуктор, на котором установлены два основных сдвоенных регулируемых аксиально-поршневых насоса и четыре вспомогательных.

Основные насосы гидросистемы A20VL0260LG2DC/10R-NZD24N00 производства фирмы «Rexroth Bosch Group» обеспечивают привод РО, хода и поворота. Эта же фирма представляет мотор-редукторы поворота и хода.

Вспомогательные насосы российского производства создают независимый контур охлаждения рабочей жидкости, осуществляют привод вентилятора теплообменника гидросистемы и запитку системы управления.

Рабочее давление основной гидросистемы – до 32 МПа, вспомогательной – 4...20 МПа.

Вращение поворотной части экскаватора осуществляется двумя мотор-редукторами GFB 60T21051 с гидромоторами A2FE125/61W-VZL100.

Поворотная платформа экскаватора через ОПУ опирается на ходовую тележку. ОПУ выполнено в виде трехрядного роликового упорного подшипника с наружным диаметром 2280 мм. Конструктивно ОПУ выполнено из верхней и нижней обойм с дорожками катания, на которых

устанавливают верхние, нижние и боковые ролики.

Обоймы откованы из высокопрочной стали 38ХНЗМФА и имеют высокую твердость дорожек качения.

Экскаватор имеет многоопорный гусеничный ход тракторного типа с жесткой подвеской опорных катков.

Применены опорные катки и гусеничные цепи, изготавливаемые Чебоксарским агрегатным заводом. Конструкции катков и цепей разработаны на основе анализа узлов тракторов²³ ряда зарубежных стран. В шарнире «звено-втулка» применено оригинальное уплотнение, обеспечивающее сохранность смазки в течении всего срока эксплуатации экскаватора. Натяжение гусеничных цепей производится гидроцилиндрами. Механизмы натяжения используют также при монтаже гусеничных цепей, а при переездах они служат демпфером, воспринимающим динамические нагрузки, возникающие при наезде на крупные куски породы.

Привод хода осуществляется двумя мотор-редукторами GFT330T32076 с гидромоторами A2FE355/60W-VZM100.

РО экскаватора²⁴ шарнирно-сочлененное и включает стрелу, рукоять и ковш. Поворот ковша, рукояти и стрелы осуществляется гидроцилиндрами с диаметром поршня 180, 250 и 280 мм с ходом 425...2400 мм (табл. 5).

Двухчелюстной ковш ЭГ-110 состоит из корпуса и задней стенки. На корпус ковша установлены зубья из высокомарганцевистой стали 110Г13Л, на задней стенке имеются отверстия для крепления ковша к рукояти и проушины для крепления гидроцилиндров поворота ковша.

Стрела, рукоять и ковш выполнены из стали 10ХСНД и подвергнуты вибро- и термообработке для снятия внутренних напряжений. В конструкции ковша применены также элементы из сталей 110Г13 и 20ХГСП.

Все органы управления экскаватором расположены в кабине машиниста, установленной на постаменте в передней левой части поворотной платформы. Кабина звуко- и термоизолирована, имеет остекление.

Оборудование кабины включает сидение машиниста, дополнительное сиденье, рычаги и педали управления, щиток приборов, дисплей информационной системы, отопитель, стеклоочиститель, фары и пр. Сиденье машиниста имеет регулировки по высоте сиденья и углу наклона спинки.

Контроль работы экскаватора осуществляют по приборам, расположенным на пульте управления.

Все необходимые параметры гидросистемы и дизельной установки непрерывно контролируются бортовым компьютером, который при необходимости предупреждает машиниста экскаватора об имеющихся отклонениях какого-либо параметра от нормы и в критических случаях выключает машину до момента устранения неполадки.

Смазка узлов трения экскаватора централизована и автоматизирована с использованием узлов и агрегатов фирмы «Lincoln».

В период с 10 января по 10 мая 2007 года на ОАО «Гранит-Кузнечное» проводились испытания ЭГ-110 (рис.6–8) [28]. Экскаватор осуществлял отгрузку гранита в автосамосвалы БелАЗ грузоподъемностью 45 т и переэкскавацию горной массы. Испытания проводились при температурах от -36 до +20 градусов. Управление экскаватором осуществляли машинисты мехлопаты ЭКГ-5А, переобученные за 5...10 рабочих смен²⁵.

В ходе испытаний был достигнут максимальный коэффициент технической готовности в 96%, а коэффициент использования – 93%.

Производительность экскаватора при погрузке гранита достигла 700 т/ч, а средний расход топлива для тяжелых условий эксплуатации составил 0,58 л/м³. Технические характеристики экскаватора ЭГ-110 таковы:

²³ А допустимо ли это, учитывая разные режимы работы машин?

²⁴ РО экскаватора ЭГ-110 очень похоже на РО, установленное на экскаваторах фирмы Komatsu Mining Germany. Это подтверждает вывод д.т.н., проф. А.П. Комиссарова [10] о том, что возможность нахождения новых конструктивных схем РО практически исчерпана.

²⁵ Это априори убивает весь смысл применения гидравлических экскаваторов. Ведь у них и у мехлопат разные рациональные режимы копания. Невозможно перестроится на работу с гидравлической машиной так быстро. Результат – дискредитация идеи. Весь мир применяет гидравлические экскаваторы, а мы снова идем своим путем.



рис.6 Экскаватор ЭГ-110 в забое

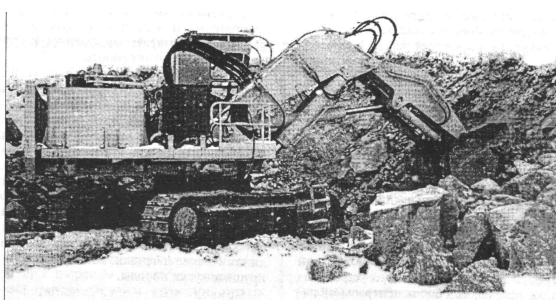


рис.7 Разработка горной массы экскаватором ЭГ-110



рис.8 Погрузка горной массы в автосамосвал экскаватором ЭГ-110

вместимость ковшей 4...7 м³; мощность двигателя и его частота вращения указаны ранее, объем двигателя 26 л; максимальная высота подъема ковша – 11,3 м; максимальная глубина копания – 2,5 м; максимальный радиус копания – 9,9 м; максимальная высота разгрузки – 9,3 м; максимальный радиус копания на уровне стоянки – 6,5 м; максимальный путь движения ковша на уровне стоянки – 4 м; максимальная высота уступа (копания) – 8,5 м (высота уступа принята

разработчиками экскаватора равной 0,75...0,8 от максимальной высоты подъема ковша); наибольшее усилие при копании рукоятью – 740 кг, ковшом – 640 кг²⁶; частота вращения поворотной платформы – 8,6 мин⁻¹; ширина стандартной гусеничной цепи – 860 мм; ширина сменных гусеничных цепей – 710 мм; среднее удельное давление на грунт – 0,14 МПа; наибольшая скорость передвижения вперед и назад – 2,5 км/ч; продолжительность рабочего цикла 25 с; максимальная длина в транспортном положении – 13,5 м; максимальная ширина в транспортном положении – 5,8 м; максимальная высота в транспортном положении – 5,6 м; масса – 105 т.

Удельная металлоемкость ЭГ-110 – 19,09 т/м³ при заявленной массе 105 т. Удельная энерговооруженность – 81,82 кВт/м³.

Технические характеристики экскаватора ЭГО-110 таковы: вместимость ковшей 3...6 м³; мощность двигателя и его частота вращения указаны ранее, объем двигателя 26 л; максимальная высота подъема ковша – 14,5 м; максимальная глубина копания – 9,5 м; максимальный радиус копания – 15,1 м; максимальная высота разгрузки – 8,2 м; максимальный радиус копания на уровне стоянки – 13,1 м; максимальный путь движения ковша на уровне стоянки – 8 м; наибольшее усилие при копании рукоятью – 800 кг, ковшом – 700 кг²⁷; частота вращения поворотной платформы – 8,6 мин⁻¹; ширина стандартной гусеничной цепи – 860 мм; ширина сменных гусеничных цепей – 710 мм; среднее удельное давление на грунт – 0,15 МПа; наибольшая скорость передвижения вперед и назад – 2,5 км/ч; продолжительность рабочего цикла, по видимому, не менее 25 с; максимальная длина в транспортном положении – 18,8 м; максимальная ширина в транспортном положении – 5,8 м; максимальная высота в транспортном положении – 6,8 м; масса – 112 т.

Удельная металлоемкость ЭГО-110 – 24,89 т/м³ при заявленной массе 112 т и основном ковше в 4,5 м³. Удельная энерговооруженность – 100,0 кВт/м³.

²⁶ Тут очень интересно и не ясно, как определялось максимальное усилие!?

²⁷ Странно, что максимальное усилие развивается при копании рукоятью. Обычно, это бывает при копании ковшом.!? Как это сказывается на прочих расчетах данной машины?

Фирма «BOLA Ladetechnik» совместно с российскими партнерами пыталась продвигать на наш рынок карьерные экскаваторы с отличным от стандартного вида РО – погрузочным. Подробно об этих машинах можно прочитать, например, в трудах [24, 50 – 54 и др.]. Здесь же заметим, что спор о том, какой тип РО лучше вечен, и решит его только время и новые научные исследования²⁸. Для нас важно то, что продвижение этих машин сопровождается поиском российских участников (заводов – производителей), и таким образом оно может оказаться полезным для нашей экономики²⁹.

4. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МОЩНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ В РОССИИ

Основные тенденции развития отечественных МГЭ после анализа кинематических и конструктивных параметров состоят в следующем [1, 3 – 54 и др.]³⁰:

- создание единого типоразмерного ряда одноковшовых ГЭ с постепенным повышением единичной мощности³¹;
- совершенствование кинематики РО для упрощения управления³² и расширения области применения ГЭ;
- создание и внедрение энергосберегающих – рекуперирующих приводов;
- автоматизация системы управления;
- создание ГЭ с удлиненным РО;
- разработка широкой номенклатуры сменных ковшей;
- снижение металлоемкости и повышение надежности МГЭ;

- улучшение эргономических показателей кабины управления МГЭ и повышение комфортных условий труда;
- улучшение маневренности машины;
- унификация узлов и механизмов, модульность их изготовления;
- надежное сервисное обслуживание, особенно в северных районах³³;
- из-за сложной структуры месторождений полезных ископаемых и необходимости выемки маломощных пластов сложной гипсометрии необходимо обеспечить четвертую степень свободы ковша.³⁴

Поясним указанные тенденции.

Создание единого типоразмерного ряда такого рода машин, это общая тенденция развития зарубежных фирм – производителей. Ведь рынок сбыта достаточно стабилен и вряд ли стоит ждать его резкого увеличения, а на фоне этого происходит поглощение большими фирмами маленьких (либо уход ряда фирм в другие области с продажей имеющихся активов своим бывшим конкурентам).

В результате несколько фирм „царствующих” в мире производят все машины – и гидравлические и канатные, и строительные и карьерные³⁵. Исходя из этих общемировых тенденций, можно говорить, что и в нашей стране развитие производства пойдет похожим образом. Через какое-то время на рынке одноковшовых экскаваторов останется существенно меньше самостоятельных заводов (фирм)³⁶, чем сейчас, и они будут предлагать большую номенклатуру своих изделий³⁷. Конструкция машин на конкретном заводе (фирме) при этом будет стремиться к общему однообразию, имея различия лишь в геометрических размерах, преследуя цель снижения затрат на производство и послепродажное обслуживание.

²⁸ Скорее всего, абсолютно лучшего вида и типа РО для любых условий эксплуатации не существует. Либо решение этой задачи лежит вне традиционной парадигмы.

²⁹ В данном случае внедрить эти машины в России, на сколько нам известно, толком не удалось.

³⁰ Многие указанные ниже тенденции, можно реализовать только при использовании многокритериальных методов оптимизации параметров и механизмов ГЭ.

³¹ Например, на основе совершенствования уже существующего в нашей стране ряда МГЭ [9 и др.].

³² При этом управление ГЭ становится проще, а сама система управления сложнее.

³³ Примером этому служит, например, диссертация к.т.н. Слесарева Б.В. [13].

³⁴ Отдельного и пристального рассмотрения требуют вопросы о применении механизмов параллельной структуры и планетарно-цевочных передач.

³⁵ Те фирмы, что не делают МГЭ, обосновывая это псевдонаучными работами, просто проиграли конкурентную борьбу и пытаются сохранить лицо.

³⁶ Уже осталось меньше, чем в 2004 г.

³⁷ Заметим, что вступление в ВТО серьезно скорректирует эти тенденции.

Повышение удельной мощности ГЭ вызвано требованием повышения усилий копания, что в ряде случаев улучшает технологию производства работ и позволяет наилучшим образом использовать имеющиеся транспортные сосуды.

В области совершенствования кинематики РО будут продолжены работы по улучшению систем, позволяющих не только поддерживать определенный угол наклона ковша к горизонту, но и регулировать усилие на зубьях ковша при меняющихся условиях обрабатываемого забоя, тем самым, снижая пиковые нагрузки на экскаватор и повышая его устойчивость. Кроме того, в этой области продолжатся работы по оптимизации самого РО (выбор оптимальной кинематической схемы РО (стрела, рукоять, поиск лучших мест крепления гидравлических цилиндров), уточнение процессов протекающих внутри системы «РО – забой», и многое другое)³⁸.

В области энергосбережения возможны два основных направления: автоматизация процесса управления и оптимизация процессов приводов. Безусловно, что в этот раздел войдут также и вопросы повышения энергосбережения при опускании и повороте РО вместе с поворотной платформой.

Снижение энергопотребления приводами достигается за счет уменьшения потерь энергии в переходных режимах, а также за счет рекуперации энергии при попутной погрузке. Оптимизация параметров приводов возможна за счет применения современных насосов и дизелей.

Вопросы автоматизации системы управления будут решаться за счет применения современных и лучших бортовых ЭВМ, и микропроцессорной техники. Системы такого рода могут применяться в двух направлениях: автоматизация процесса копания (выбор и поддержание оптимальной траектории копания; поворот на выгрузку и в забой; разгрузка ковша – в некотором роде система «гидропилот»), контроль технического состояния основных узлов экскаватора с устранением пиковых нагрузок.

³⁸ Кстати, применение в РО МГЭ кинематических схем типа «с зависимым приводом поворота ковша» [8] сокращает возможность копания ковшом, что не всегда хорошо (на наш взгляд).

Создание удлиненного РО необходимо для более эффективной селективной выемки полезных ископаемых, а также при проходке зумпфов и дренажных осушительных канав. Для положительного применения такого вида РО требуется разработка большой номенклатуры сменных ковшей различных конструкций.

Применение высоколегированных закаленных сталей для РО и высокомарганцовистых износостойчивых сталей для производства ковшей, а также производство качественных сварных работ существенно сказывается на снижении металлоемкости и повышении долговечности ГЭ. Тут необходимо добавить, что требуется совершенствование методов расчета металлоконструкций МГЭ (введение в практику проектирования критериев механики разрушения и пр.). Примером этому сегодня служат работы ИВМ СО РАН, например, уже указанные нами выше.

Кроме этого, необходимо отслеживать и применять новые материалы. Еще для снижения металлоемкости следует выполнить ряд рекомендаций и требований к иным системам МГЭ [смотри например работы 3, 4, 10 и др.], ибо вопрос этот комплексный, требующий учета множества факторов. При этом надо не забывать, что излишнее облегчение конструкции может приводить к сильным вибрациям на рабочем месте, что отрицательно сказывается на здоровье машиниста и вызывает проблемы с набором бригады экскаватора, что хорошо известно из опыта использования в России зарубежных машин.

Применение высококачественного гидравлического оборудования³⁹, особенно для машин используемых в арктических условиях существенно повышает надежность машины и повышает производительность за счет снижения количества внеплановых простоев и удешевляет обслуживание машины за счет сокращения аварий.

Большое влияние на надежность ГЭ оказывает уровень сервисного обслуживания со стороны производителя машины и людей, эксплуатирующих машину в забое. В России этот вопрос еще долго будет актуальным, и требовать решения в первую очередь в повышении квалификации эксплуатационников, росте их социальной

³⁹ По отдельным вопросам, типа увеличения давления в гидравлической системе, существует большое число зарубежных работ.

сознательности, заинтересованности в успешной и стабильной работе.

табл.3 Технические характеристики карьерных гидравлических экскаваторов ОАО „ОМЗ”

Параметры	Тип рабочего оборудования						
	Прямая лопата				Обратная лопата		
	ЭГ-150	ЭГ-250	ЭГ-350	ЭГ-550	ЭГО-150	ЭГО-350	ЭГО-550
1	2	3	4	5	6	7	8
Масса экскаватора, т	150	250	350	550	150	350	550
Вместимость ковша, м ³	5-8(6)*	8-12(10)	12-18(15)	18-24(20)	4-8(5)	8-14(8)	14-18(14)
Мощность привода, кВт	500	660	910	1660	660	910	1660
Макс. рабочее давление, МПа	30						
Макс. производ. насосов, л/мин	1600	1680	2520	5040	1440	2520	5040
Максимальный радиус копания, м	12,9	14,0	16,0	21,2	15,7	21,8	25,0
Высота уступа при угле отработки 70°, м	10,5	н.д.	14,6	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
Высота планируемого участка, м	4-5	н.д.	7	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
Максимальная высота копания, м	13,5	14,0	16,0	19,0	12,3	16,7	18,0
Максимальная глубина копания, м	-	-	-	-	9,0	12,0	14,0
Высота разгрузки, м	9,7	11,0	13,0	15,2	9,0	12,5	14,0
Усилие копания, тс	60	100	130	190	50	80	120
Частота вращения платформы, мин ⁻¹	4,01	3,06	3,79	3,0	4,01	3,79	3,0
Скорость передвижения, км/час	1,7	1,6	1,7	1,0	1,7	1,7	1,0
Тяговое усилие, тс	104	150	190	340	104	190	340
Клиренс гусеничной тележки, м	0,63	н.д.	0,93	н.д.	0,63	0,93	н.д.
База гусеничного хода, м	5,0	6,0	7,0	8,0	5,0	7,0	8,0
Колея гусеничного хода, м	4,5	5,0	5,5	6,5	4,5	5,5	6,5
Ширина гусеничного звена, мм	900	1200	1400	1600	900	1400	1600
Удельное давление на грунт, МПа	0,170	0,160	0,167	0,220	0,170	0,167	0,210
Напряжение питающей сети, кВ	6	н.д.	6	н.д.	-	6	н.д.
Преодолеваемый уклон, град.	12	н.д.	12	н.д.	12	12	н.д.
Продолжительность цикла, с	24	н.д.	26	н.д.	22	24	н.д.

Расчетная производительность, млн. м ³ /год	2,1	н.д.	4,7	н.д.	1,5	2,5	н.д.
Удельная металлоемкость, т/м ³	25,0	25,0	23,3	28,0	30,0	43,8	39,3
Удельная энерговооруженность, кВт/м ³	83,3	66,0	60,7	83,0	132,0	113,8	118,6

* в скобках – вместимость ковша по стандарту СЕСЕ для насыпной плотности пород 1,8 т/м³

табл.4 Гидроцилиндры. Основные данные. Для ЭГ-150 и ЭГ-350

Мо- дель	Цилиндр стрелы			Цилиндр рукояти			Цилиндр ковша					
	Кол-во, шт.	Длина ци- линдров, мм		Ход штока, мм	Кол-во, шт.	Длина ци- линдров, мм		Ход штока, мм	Кол-во, шт.	Длина ци- линдров, мм		Ход што- ка, мм
		max	min			max	min			max	min	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ЭГ-150	2	5360	3660	1700	2	5000	3100	1900	2	5000	3150	1850
ЭГ-350	2	7200	4600	2600	2	7200	4600	2680	2	6400	4200	2200

табл.5 Гидроцилиндры экскаваторов ЭГ-110 и ЭГО-110

Назначение	Количество	Диаметры, мм		Ход поршня, мм
		поршня	штока	
1	2	3	4	5
ЭГ-110				
Поворот:				
Стрелы	2	280	200	1650
Рукояти	2	250	160	1650
Ковша	2	180	140	900
Челюсти ковша	2	180	140	425
Натяжение гусениц	2	180	140	160
ЭГО-110				
Поворот:				
Стрелы	2	250	160	2400
Рукояти	2	250	160	2200
Ковша	1	250	160	1650
Натяжение гусениц	2	180	140	160

Повышение эргономических показателей кабины управления и повышение комфортности условий труда машинистов⁴⁰ приводит к росту производительности. При этом надо стремиться к улучшению обзорности⁴¹.

Существует общая тенденция установки кабины выше уровня поворотной платформы. Вопрос о выдвигании кабины еще выше за счет специальных приспособлений (например, как у строительных экскаваторов Ковровского завода) требует специального изучения.

Повышение скорости передвижения ГЭ актуально для машин, перемещение по разрезу которых заранее оговаривается. Вряд ли стоит для машины большой мощности, предназначенной для работы на одном разрезе увеличивать скорость передвижения. Маневренность же экскаваторов следует улучшать.

Рост скорости поворотной платформы нельзя проводить без серьезных исследований. Ведь в работах ВНИИСДМ⁴² показано, что при превышении некоторой критической скорости производительность экскаватора падает. Естественно, при этом следует учитывать и ограничение, на-

⁴⁰ Например, выбор оптимальной температуры в кабине.

⁴¹ Примером работ в этой области служит работа к.т.н. Хусаинова В.Г. [55], а также работы д.т.н. Головина В.С.

⁴² В первую очередь в работах к.т.н. Рустановича А.В. и к.т.н. Смоляницкого Э.А.

кладываемое желанием сохранить здоровье машинисту экскаватора, возможностью переносить им определенные перегрузки долгое время, не снижая при этом производительность⁴³.

Изготовление экскаваторов по модульному принципу и унификация основных узлов удешевляет производство, техническое обслуживание и ремонт. Позволяет в некоторой степени защититься от «дурака» на эксплуатации.

Поиск в области совершенствования конструкций ковша вызван задачами снижения потерь полезных ископаемых, роста производительности и снижения себестоимости работы.

Кроме того:

- необходимо совершенствовать парк автосамосвалов исходя из требований повышения производительности системы «экскаватор в забое – транспортное средство»;

- разработка единой системы расчета и проектирования такого рода машин протекает медленно, без достаточного изучения опыта создания строительных экскаваторов, что сказывается на надежности отечественных машин;

- возможность производства ГЭ на Крастьямаше и некоторых украинских заводах не исключена, но напрямую связана с развитием мировой экономики.

Как уже говорилось выше, переход на серийный выпуск МГЭ взамен канатных на данном этапе развития отечественного карьерного гидроэкскаваторостроения преждевременен, да и вряд ли возможен. Сейчас целесообразно лишь дополнение существующего парка механических лопат МГЭ с одновременным определением для последних наиболее перспективных областей их применения.

Адекватность этой позиции подтверждается [11 – 16, 25 и др.] тем, что на карьерах России гидрофицированная техника пока не занимает достойного места. Более того, наметилась тенденция сокращения парка МГЭ. Зачастую при покупке новой техники специалисты отечественных горных предприятий отдают предпочте-

ние традиционным мехлопатам, несмотря на то, что они, как правило, уступают гидравлическим.

Причина формирования подобной точки зрения, приводящей к лавинообразному отставанию материальной базы горной промышленности России, по видимому состоит в неготовности сервисных служб к эксплуатации новой техники. Отсутствие на горных предприятиях необходимого опыта и инструментальной базы приводит не только к тому, что технологические возможности машин не реализуются, но и к необъективной оценке достоинств и недостатков тех или иных образцов в ходе принятия решения о техническом перевооружении.

Так, на отечественных предприятиях распространено мнение о ненадежности ГЭ и большой стоимости их эксплуатации, в частности о том, что для этих машин характерны: низкая долговечность основных агрегатов; трудоемкость ремонта и дороговизна комплектующих изделий; малая надежность систем привода.

Многие считают, что указанные недостатки не позволяют ГЭ реализовать свои преимущества и продемонстрировать реально высокие экономико-технологические параметры в эксплуатации.

Наглядным примером является ПО «Якут-уголь»⁴⁴, которое после применения экскаваторов с гидроприводом основных механизмов типа 204-М⁴⁵ производства американской фирмы Marion на протяжении почти двадцати лет, вновь обратилась к закупкам традиционных экскаваторов типа «ЭКГ».

Но сопоставление технологических и конструктивных параметров показывает, что карьерные механические экскаваторы не имеют существенных преимуществ по сравнению с гидравлическими ни в высоте копания, ни в радиусе копания на уровне стоянки.

Удельные показатели усилий копания и надежности ГЭ несколько выше по сравнению с механическими лопатами. При этом удельная металлоемкость сравниваемых типов экскавато-

⁴³ Очевидно, что кроме этого следует стремиться к максимально полному исключению оператора из процесса управления МГЭ, снимая тем самым ограничения на ускорения и скорости рабочих движений, обусловленные физиологией человека.

⁴⁴ Судя по статье [12] те же негативные тенденции есть и в карьере «Мурунтау».

⁴⁵ Тут надо иметь в виду, что данные экскаваторы не были приспособлены к условиям Якутии, что и выявилось в первые месяцы эксплуатации. Непродуманная покупка неподходящих машин дискредитировала саму идею МГЭ в Якутии, да и в России тоже. Не понятно как вообще эти машины были выбраны для покупки?

ров в пользу гидравлических. Для сопоставляемых импортных моделей удельная металлоемкость ГЭ на 20% ниже. Мерой соотношения сравниваемых параметров является вместимость ковша для каждой из моделей соответственно.

Таким образом, из практики применения единичных опытных образцов ГЭ в России и в бывших республиках СССР и крупномасштабного их внедрения за рубежом делаются противоположные выводы.

На разрезе «Нерюнгринский» существует сопоставительный опыт эксплуатации гидравлических и механических лопат, и он свидетельствует о том, что эксплуатация гидравлических машин обходится дороже на 20% (рис.9 [13, 25]). Правда следует отметить, что на разрезе имеет место повышенная стоимость запасных частей, что связано с высокой стоимостью доставки.

Одной из основных задач при внедрении МГЭ следует считать разработку комплекса мероприятий, которые позволили бы привести экономические показатели к конкурентному уровню.

Обычно при поставке МГЭ производитель ограничивается анализом следующих требований заказчика: температурными характеристиками окружающей среды, физико-механическими свойствами горных пород и технологическими условиями применения. Этого не достаточно.

Табл. 1 Калькуляция стоимости машино-часа эксплуатации на угольном разрезе «Нерюнгринский»

Наименование затрат	Тип экскаватора			
	ЭГ		ЭКГ	
	руб./год	%	руб./год	%
З/плата обслуживающего персонала	93198	47	94374	48,6
Материалы и запасные части	126137	65	95346	49
Горюче-смазочные материалы	14327	8	4677	2,4
Итого:	233662	120	194397	100

рис.9 Калькуляция стоимости машино-часа эксплуатации на угольном разрезе «Нерюнгринский» [25]

Благодарности

Автор настоящего труда приносит свою благодарность за консультации и поддержку при его создании инж. Семенникову В.С. и к.т.н. Савченко В.Я.

Литература

1. **Побегайло П.А.** Мощные отечественные карьерные одноковшовые гидравлические экскаваторы // Горные машины и автоматика. 2004. № 2. с. 13 – 22.

2. **Раннев А.В.** Новый ГОСТ на одноковшовые универсальные полноповоротные экскаваторы // Строительные и дорожные машины. 1996. №10. с. 33 – 34.
3. **Побегайло А.П.** Нагруженность несущих металлоконструкций ходового оборудования карьерных гидравлических экскаваторов с оборудованием прямой лопаты: Дисс. ... канд. техн. наук. М., 1991. 186 с.
4. **Крикун А.В.** Нагруженность рабочего оборудования карьерного гидравлического экскаватора прямого копания: Дисс. ... канд. техн. наук. М., 1991. 250 с.
5. **Побегайло П.А.** Одноковшовые экскаваторы: общие сведения // Вира – Майна, 2003. № 2. с. 9 – 11.
6. **Побегайло П.А.** Обобщение результатов научных исследований и опыта применения новых конструктивных решений ОПУ, нижней и поворотной рам карьерных экскаваторов // Горные оборудование и электромеханика. 2006, № 2. с. 25 – 29.
7. **Побегайло П.А.** и др. Мощные отечественные карьерные гидравлические экскаваторы сегодня // Интерстроймех – 2002: Материалы междунар. науч. техн. конф. / МГТУ. Могилев, 2002. с. 181 – 183.
8. **Мельников Н.Н., Неволин Д.Г., Скобелев Л.С.** Технология применения и параметры карьерных гидравлических экскаваторов. / Отв. ред. Мельников Н.Н. Апатиты: Кольский научный центр РАН, 1992. 220 с.
9. **Штейнцайг В.М.** Интенсификация открытых горных работ с применением мощных карьерных одноковшовых экскаваторов. М.: Наука, 1990. 142 с.
10. **Комиссаров А.П.** Моделирование рычажно-гидравлических механизмов и обоснование перспективных конструкций карьерных гидравлических экскаваторов: Дисс. ... докт. техн. наук. Екатеринбург, 2004. 214 с.
11. **Кёльш Х.Р.** Обоснование силовых и режимных параметров копания и средств адаптации карьерных гидравлических экскаваторов к условиям Якутии: Дисс. ... канд. техн. наук. М., 2010. 160 с.
12. **Рубцов С.К., Шеметов П.А., Шлыков А.Г.** Опыт эксплуатации канатных и гидравлических экскаваторов в условиях карьера Мурунтау // Горная промышленность. 2005, № 5. с. 46 – 50.
13. **Слесарев Б.В.** Обоснование параметров и разработка средств повышения эффективности эксплуатации карьерных гидравлических экскаваторов: Дисс. ... канд. техн. наук. М., 2005. 135 с.
14. **Паладеева Н.И.** Сравнительная оценка параметров мощных карьерных экскаваторов корпорации ОМЗ и гидроэкскаваторов – аналогов // Горные оборудование и электромеханика. 2007, № 12. с. 8 – 11.
15. **Паладеева Н.И.** Сравнительная оценка параметров карьерного экскаватора ЭКГ-1500Р и гидроэкскаваторов – аналогов // «Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности»: V Международная научно-техническая конференция. Чтения

- памяти В.Р. Кубачека. / УГГУ. Екатеринбург. 2007. с. 62 – 68.
16. **Ильбульдин Д.Х.** Анализ работы экскаватора Komatsu Demag H285S // «Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности»: Сборник докладов междунар. науч. техн. конф. / УГГА, Екатеринбург, 2004. с. 47 – 51.
17. **Страбыкин Н.Н.** Расширение применения отечественных гидравлических экскаваторов в горно-добывающей и строительной отраслях промышленности – актуальная потребность времени // Горные машины и автоматика. 2003. № 10. с. 16 – 18.
18. **Сатовский Б.И.** и др. Одноковшовые гидравлические экскаваторы для открытых горных работ. Горное оборудование (НИИИНФОРМТЯЖМАШ), 1978, № 31, 47 с.
19. **Сатовский Б.И.** Отгиски статей, копии авторских свидетельств, титульные листы печатных работ. М.: МИСИ, 1964. 241 с.
20. **Червяков С.А.** Л.С. Скобелев – зеркало гидроэкскаваторостроения Уралмашзавода // Лев Сергеевич Скобелев – конструктор гидравлического экскаватора Уралмашзавода: Очерки – воспоминания. составитель Ю.А. Лагунова / Екатеринбург: ООО «Форт Диалог-Исеть», 2010. с. 4 – 6.
21. **Отчет о НИР** «Результаты обследования гидравлического экскаватора ЭГ-12А, этапы 6, 7». М.: МИСИ, 1986. 69 с.
22. **Семенников В.С.** и др. Испытания гидравлического экскаватора ЭГО-4А // Механизация строительства. 1999. № 10. с. 13 – 15.
23. **Котровский М.Н.** Семинар: Перспективы создания и развития карьерных гидравлических экскаваторов на ОАО «Ижорские заводы» // Горная промышленность. 2002. № 3. с. 51 – 52.
24. **Винницкий К.Е.** и др. Освоение гидравлических экскаваторов нового поколения в практике открытых горных работ // Горная промышленность. 1998. № 1. с. 30 – 36.
25. **Слесарев Б.В.** К вопросу применения мощных карьерных гидравлических экскаваторов // Открытые горные работы. 2000. № 3. с. 40 – 43.
26. **Неволин Д.Г.** Теоретическое обоснование технологий применения карьерных гидроэкскаваторов при комплексной разработке месторождений: Дисс. ... докт. техн. наук. М., 1996.
27. **Волков Д.П.** Строительные машины и оборудование в двадцать первом веке // Механизация строительства. 1998. № 3. с. 2 – 5.
28. **Казаков В.А., Окороков Ю.В.** Новые гидравлические экскаваторы ЭГ-110 и ЭГО-110 // Горное оборудование и электромеханика. 2007. № 12. с. 46 – 50.
29. **Отчет о НИР** «Исследование физической модели гидравлического экскаватора ЭГ-12». Свердловск: УЗТМ, 1970.
30. **Отчет о НИР** «Контрольные заводские испытания головного образца гидравлического экскаватора ЭГ-12». Свердловск: УЗТМ, 1979. 102 с.
31. **Отчет о НИР** «Испытания и исследования нагружения металлоконструкций гидравлического экскаватора лопаты ЭГ-12». М.: МИСИ, 1980.
32. **Отчет о НИР** «Испытания и исследования напряженного состояния несущих металлоконструкций гидравлического экскаватора ЭГ-12А». М.: МИСИ, 1985.
33. **Отчет о НИР** «Испытания и экспериментальные исследования головного образца гидравлического экскаватора ЭГ-12А. Предварительные испытания». Свердловск: УЗТМ, 1985. 73 с.
34. **Отчет о НИР** «Испытать и исследовать работу узлов гидравлического экскаватора ЭГ-20 с целью повышения их долговечности и надежности». М.: МИСИ, 1987.
35. **Отчет о НИР** «Испытания и исследования нагруженности металлоконструкций нижней и гусеничных рам карьерных гидравлических экскаваторов». М.: МИСИ, 1989.
36. **Отчет о НИР** «Обоснование рациональных параметров и режимов нагружения гидропривода рабочего оборудования карьерного экскаватора ЭГ-15». М.: МИСИ, 1990. 146 с.
37. **Отчет о НИР** «Нагруженность элементов конструкции и гидропривода карьерного гидравлического экскаватора с оборудованием прямого копания». М.: МИСИ, 1990. 188 с.
38. **Отчет о НИР** «Разработка технологических схем с применением гидравлических экскаваторов. Раздел «Анализ практики создания и применения одноковшовых гидравлических экскаваторов и определение потребности в модели ЭГ-6 (ЭГО-5) для открытых разработок и строительства». М.: НТТМ «Технология», 1990.
39. **Отчет о НИР** «Обосновать параметры унифицированного рабочего оборудования экскаватора ЭГО-8 для различных технологических схем». М.: ИГД имени А.А. Скочинского, 1993.
40. **Hall A.** Characterizing the operation of a large hydraulic excavator. Master Diss. School of Engineering the University of Queensland, Brisbane, Australia, 2003. p. 150.
41. **Morris F., Siegrist P.** Sources of variation in the operation of a large hydraulic shovel. http://espace.library.uq.edu.au/eserv/UQ:3265/Siegrist_Conference_2.pdf
42. **Шестаков В.С.** Оптимизация параметров и выбор конструктивных исполнений поворотных устройств гидравлических экскаваторов: Дисс. ... канд. техн. наук. Свердловск, 1985. 355 с.
43. **Васильева В.В.** Разработка способов улучшения динамических режимов привода механизма поворота
-

- карьерных гидравлических экскаваторов: Дисс. канд. техн. наук. Харьков, 1993. 220 с.
44. **Доронин С.В.** Расчеты на прочность и прогнозирование надежности элементов металлоконструкций карьерных экскаваторов: Дисс. ... канд. техн. наук. Красноярск, 1993. 163 с.
45. **Герасимова Т.А.** Исследование и совершенствование методов проектных расчетов несущих конструкций экскаваторов: Дисс. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2005. 143 с.
46. **Москвичев В.В.** Методы и критерии механики разрушения при определении живучести и надежности металлоконструкций карьерных экскаваторов: Дисс. ... докт. техн. наук. Челябинск, 1993. 210 с.
47. **Бродский Г.С.** Фильтры и системы фильтрации для мобильных машин. М.: Журнал «Горная промышленность», 2003. 360 с.
48. **Борщ-Компонице Л.В.** Методика оперативной оценки карьерных гидравлических экскаваторов // Горная промышленность. 1996. № 1. с. 29 – 37.
49. **Ковригин В.Д.** Новые российские карьерные экскаваторы // Горная промышленность. 2006. № 6. с. 78.
50. **Висбек З.** и др. Об эффективности применения карьерных гидравлических экскаваторов // Горная промышленность. 1998. № 5.
51. **Климов С.Л., Хаспеков П.Р., Штейнцайг Р.М.** О программе кооперативного производства экскаваторов нового поколения // Горная промышленность. 1999. № 2. с. 15 – 17.
52. **Хаспеков П.Р.** Повышение эффективности выемочно-погрузочных работ с использованием карьерных гидравлических экскаваторов нового поколения: Дисс. ... канд. техн. наук. М., 2000.
53. **Берман А.В., Воронков Г.Я., Гайнулин Р.Р.** Метод определения энерговооруженности рабочего процесса экскавации во взаимосвязи с параметрами массива горных пород // Открытые горные работы. 2000. № 3, с. 29 – 33.
54. **Удачина Т.Е.** и др. К вопросу технико-технологического переоснащения открытых горных разработок // Открытые горные работы. 2000. № 3, с. 25 – 28.
55. **Хусаинов В.Г.** Обоснование и расчет эргономических показателей карьерных гусеничных экскаваторов производства ОАО «Уралмаш»: Дисс. ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2005. 192 с.

AN ESSAY ABOUT DEVELOPMENT OF MINING HYDRAULIC EXCAVATORS IN RUSSIA: REVIEW, ANALYSIS AND PERSPECTIVES

Petr POBEGAILO

NPO “Teknokon”, Moscow, Russia

e-mail: petrp214@yandex.ru

Abstract: In the work short essay about development of russian mining hydraulic excavators is presented. Also development perspectives in the present time are discussed.

Keywords: hydraulic excavators, operational problems, perspectives

АНАЛИТИЧНО ПРЕДСТАВЯНЕ НА КРИТЕРИЯ ЗА МИНИМАЛНО СУМАРНО МЕЖДУОСОВО РАЗСТОЯНИЕ НА ДВУСТЪПАЛЕН ЦИЛИНДРИЧЕН РЕДУКТОР

Антонин УЗУНОВ

катедра „Машинни елементи и неметални конструкции”, Технически университет - София, България
e-mail: adu@mail.bg

Резюме: Изведени са зависимости, даващи разпределението на общото предавателно отношение между двойките зъбни колела, при което сумарното междуосово разстояние е минимално. Разгледани са също така някои аспекти за използването на получените зависимости в средата на математически приложения при проектиране и изчисляване на двустъпални цилиндрични редуктори.

Ключови думи: минимално междуосово разстояние, редуктор цилиндричен двустъпален

Основна задача в проектното изчисление на един двустъпален редуктор е разпределението на общото предавателно отношение между двете двойки зъбни колела. При предварително зададено общо предавателно отношение i тази задача най-често се свежда до определяне на предавателното отношение на едно от стъпалата - i_1 или i_2 (тук и по-нататък $i_1 = |i_1|$, $i_2 = |i_2|$). Едно от условията, по което се извършва разпределението на i е критерият за минимално сумарно междуосово разстояние.

Тъй като $i = i_1 \cdot i_2$, формулировката на този критерий може да се представи в два варианта, наречени условно вариант 1 и вариант 2. Всеки от вариантите на тази формулировка може да се изрази в общия случай чрез решението на уравнение съответно със следния общ вид:

$$F_1(i, i_1) = 0 \quad (1)$$

$$F_2(i, i_2) = 0 \quad (2)$$

Уравненията (1) и (2) могат да се намерят като се използва зависимостта на сумарното междуосово разстояние A от i и i_1 - съответно на A от i и i_2 . Тези зависимости могат да се представят в следния вид:

$$A = \Phi_1(i, i_1) = k \cdot \left[\sqrt[3]{\frac{(i_1 + 1)^4}{i_1}} + \sqrt[3]{\frac{(i + i_1)^4}{\lambda \cdot i_1^2}} \right] \quad (3)$$

$$A = \Phi_2(i, i_2) = k \cdot \left[\sqrt[3]{\frac{(i + i_2)^4}{i \cdot i_2^3}} + \sqrt[3]{\frac{i \cdot (i_2 + 1)^4}{\lambda \cdot i_2^2}} \right] \quad (4)$$

където k е коефициент на пропорционалност с размерност на дължина, а λ е общ за редуктора безразмерен параметър, дефиниран чрез производението на отношенията на едноименни якостни и геометрични характеристики на двойките зъбни колела [1].

За намирането на стойностите на i_1 и i_2 , за които сумарното междуосово разстояние A е минимално трябва да са изпълнени следните условия:

$$\frac{\partial}{\partial i_1} \Phi_1(i, i_1) = 0 \quad \frac{\partial}{\partial i_2} \Phi_2(i, i_2) = 0$$

След съответните преобразувания за търсените уравнения се получава:

$$F_1(i, i_1) = \frac{\lambda \cdot i \cdot i_1 \cdot (i_1 + 1) \cdot (3 \cdot i_1 - 1)^3}{8 \cdot (i + i_1) \cdot (i - i_1)^3} - 1 = 0 \quad (5)$$

$$F_2(i, i_2) = \frac{\lambda \cdot (i + i_2) \cdot (3 \cdot i - i_2)^3}{8 \cdot i^2 \cdot i_2 \cdot (i_2 + 1) \cdot (i_2 - 1)^3} - 1 = 0 \quad (6)$$

Тези уравнения са от четвърта степен спрямо i и от пета степен съответно спрямо i_1 и i_2 . В първия случай те могат да се решат приближено или с радикали, а във втория – само приближено. (Резултати от приближеното решение на уравнение (6) за няколко стойности на i в интервала $i = 8..50$ в частния случай при $\lambda = 1$ са представени в [2].)

Спрямо i уравненията (5) и (6) придобиват следния каноничен вид:

$$i^4 + A(i_1) \cdot i^3 + B(i_1) \cdot i + C(i_1) = 0 \quad (7)$$

$$i^4 + P(i_2) i^2 + Q(i_2) \cdot i + R(i_2) = 0 \quad (8)$$

Функцията, удовлетворяваща уравнение (7) е

$$i = f_1(i_1) = \frac{E(i_1) + 6 \cdot i_1}{12} + \frac{\sqrt{6}}{12} \left[12 \cdot i_1^2 - D(i_1) - \frac{24 \cdot i_1 (B(i_1) - 2 \cdot i_1^3)}{D(i_1)} - \frac{72 (B(i_1) - i_1^3)}{E(i_1)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

където $D(i_1)$ и $E(i_1)$ са функции, изразени чрез коефициентите на уравнение (7). (Изразите за $D(i_1)$ и $E(i_1)$, както и коефициентите на (7) и (8) са дадени в приложението.)

В интервала $1,3 \leq i_1 \leq 10$ и при $\lambda \geq 0,3$ функцията $f_1(i_1)$ е непрекъсната и монотонна и има еднозначна обратна функция. В координатната система (i, i) графиките на двете функции представляват една и съща крива. Тъй като функцията

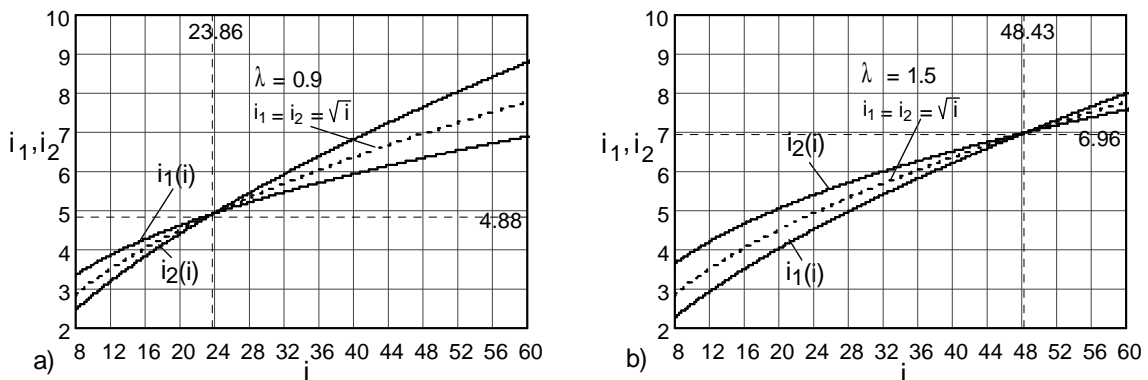
$i_1 = i_1(i)$ не може да се представи в явен вид, то нейната графика може да се построи като се използва симетричността на графиките на взаимно обратните функции спрямо бисектрисата на координатния ъгъл в координатната система (i, i_1) . По аналогичен начин в същата координатна система се построява и графиката на $i_2 = i_2(i)$.

Уравнение (8) е в редуциран вид и се решава по-лесно. Неговото решение е

$$i = f_2(i_2) = \frac{T(i_2)}{6} + \frac{1}{6} \cdot \left(-18 \cdot P(i_2) - T(i_2)^2 - \frac{16 \cdot i_2^3}{T(i_2)} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

където $T(i_2)$ е функция, изразена чрез коефициентите на уравнение (8). (Нейният израз е даден в приложението.) При $\lambda > 0$ и в интервала $1 < i_2 \leq 10$ функцията $f_2(i_2)$ е непрекъсната и монотонна и има еднозначна обратна функция. Графиките на $i_2 = i_2(i)$ и $i_1 = i_1(i)$ се построяват по начина, изложен по-горе. На фиг.1а) и 1б) са дадени графиките на $i_1(i)$ и $i_2(i)$ съответно при $\lambda = 0,9$ и $\lambda = 1,5$. На същата фигура е показана кривата $i_1 = i_2 = \sqrt{i}$, по

която се движи пресечната точка на $i_1 = i_1(i)$ и $i_2 = i_2(i)$ в зависимост от λ . В диапазона $8 \leq i \leq 60$ тези пресечни точки дефинират ефективния на практика интервал на общото предавателно отношение, разпределено по равно между стъпалата. При $0,9 \leq \lambda \leq 1,5$ този интервал за i е приблизително от 24 до 48.

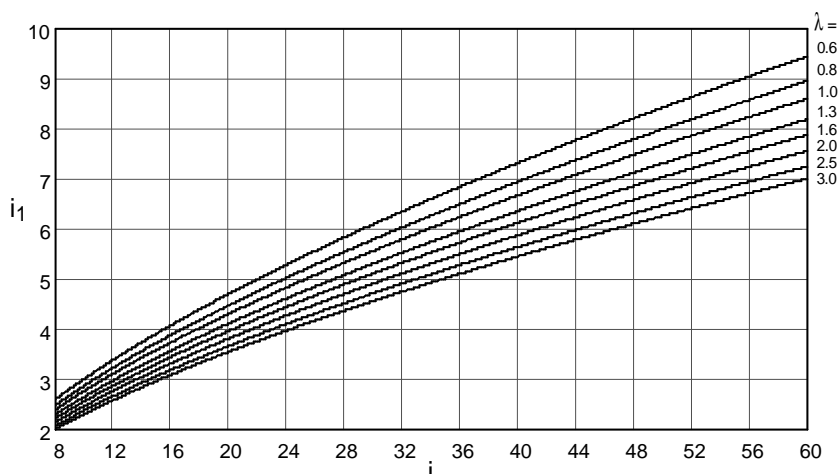


Фиг.1 Разпределение на общото предавателно отношение: а) при $\lambda = 0,9$; б) при $\lambda = 1,5$

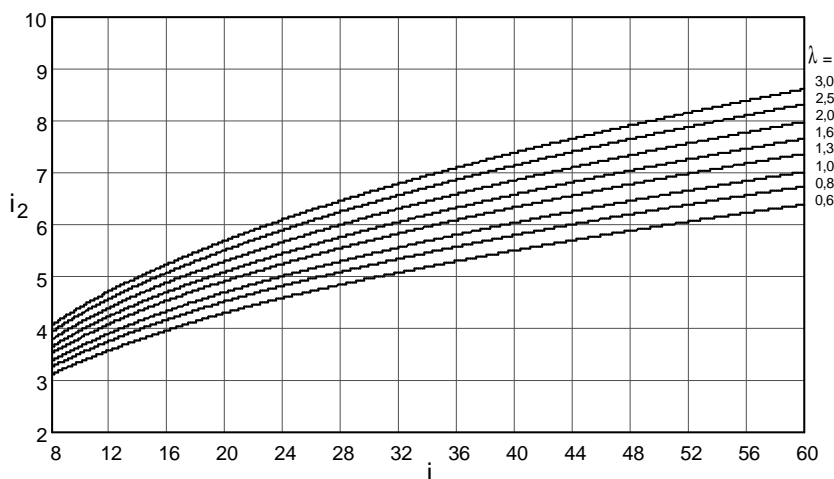
Чрез полиномиална интерполация по Newton-Gregory [3] в интервала $0,8 \leq \lambda \leq 1,6$ за зависимостта на i от λ при $i_1 = i_2 = \sqrt[4]{i}$ е получена следната формула:

$$i = \frac{2101}{1000} + \frac{5751}{400} \cdot \lambda + \frac{5113}{480} \cdot \lambda^2 + \frac{5}{16} \cdot \lambda^3 - \frac{5}{96} \cdot \lambda^4 \quad (11)$$

За различни стойности на λ графичните варианти на критерия за минимално сумарно междуосово разстояние са представени съответно на фиг.2 и фиг.3. Тези графики са получени чрез интерполация с кубичен сплайн [4], а векторите на независимата променлива са генерирани съответно чрез функциите $f_1(i_1)$ и $f_2(i_2)$.



фиг.2 Вариант 1 на критерия за минимално сумарно междуосово разстояние



фиг.2 Вариант 2 на критерия за минимално сумарно междуосово разстояние

ИЗВОДИ

1. Тъй като параметърът λ е произведение от отношения на едноименни характеристики, той

може да се представи като произведение от безразмерни коефициенти, отразяващи основни за редуктора якостни и геометрични характеристики. Чрез функциите $f_1(i_1)$ и $f_2(i_2)$ могат да се

генерират графики, отразяващи влиянието на всяка една от тези характеристики върху разпределението на i .

2. В средата на математически приложения е удобно решението на уравненията (5) и (6) да се извърши графично. Например в Mathcad, определянето на i_1 или i_2 при зададено i се получава „динамично“ на екрана при графичното отделяне корените на тези уравнения, при което лесно се проследява влиянието на λ върху разпределението на i .

3. Функциите $f_1(i_1)$ и $f_2(i_2)$ могат да се използват за извеждане чрез интерполация на зависи-

мости, отразяващи с желаната точност връзката между i , λ и i_1 (или i_2). Получените по такъв начин зависимости могат да се вграждат като компактни формули в среди за програмиране при създаването на програми за проектиране на двустъпални редуктори. Още по-удобно е използването на приложения с вградени функции за интерполиране и модули за двоично търсене, при което векторите на аргументите могат да се построят с желаната точност, тъй като чрез функциите $f_1(i_1)$ и $f_2(i_2)$ могат да се изчислят точните стойности на i .

ПРИЛОЖЕНИЕ

Изрази за коефициентите на уравнения (7), (8), (9) и (10):

$$A(i_1) = -2 \cdot i_1 \quad B(i_1) = \frac{-(27 \cdot \lambda \cdot i_1^5 - 18 \cdot \lambda \cdot i_1^3 + 8 \cdot \lambda \cdot i_1^2 - \lambda \cdot i_1 - 16 \cdot i_1^3)}{8} \quad C(i_1) = -i_1^4$$

$$D(i_1) = \left[108 \cdot B(i_1)^2 - 432 \cdot i_1^6 + 12 \cdot \sqrt{3} \cdot \left[(27 \cdot B(i_1)^2 + 76 \cdot i_1^3 \cdot B(i_1) + 172 \cdot i_1^6) \cdot (B(i_1) - 2 \cdot i_1^3)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$E(i_1) = \left(36 \cdot i_1^2 + 6 \cdot D(i_1) - \frac{288 \cdot i_1^4 - 144 \cdot i_1 \cdot B(i_1)}{D(i_1)} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$P(i_2) = \frac{-(18 \cdot \lambda \cdot i_2^2 + 8 \cdot i_2^5 - 16 \cdot i_2^4 + 16 \cdot i_2^2 - 8 \cdot i_2)}{27 \cdot \lambda} \quad Q(i_2) = \frac{8 \cdot i_2^3}{27} \quad R(i_2) = \frac{-i_2^4}{27}$$

$$S(i_2) = \left[32 \cdot i_2^6 + 36 \cdot i_2^4 \cdot P(i_2) + 27 \cdot P(i_2)^3 + (6 \cdot i_2^2 \cdot P(i_2) + 4 \cdot i_2^4) \cdot (68 \cdot i_2^4 - 60 \cdot i_2^2 \cdot P(i_2) + 81 \cdot P(i_2)^2) \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$T(i_2) = \left(S(i_2) - 6 \cdot P(i_2) - \frac{4 \cdot i_2^4 - 9 \cdot P(i_2)^2}{S(i_2)} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Литература

1. Кудрявцев В.Н., Державец Ю.А., Глухарев Е.Г. Конструкции и расчет зубчатых редукторов. Л.

Машиностроение, 1971.

2. Нибберг Н. Я. Расчет редукторов. М., Машиностроение, 1964.

4.Форсайт, Дж., М. Малколм , К. Маулер Машинные методы математических вычислений, Мир, 1980.

3.Curtis, G., Wheatley P. Applied Numerical Analysis, Addison-Westley, 1998.

ANALITICAL PRESENTMENT OF THE CRITERION FOR MINIMUM CENTER DISTANCE OF TWO STAGE GEAR REDUCER

Antonin Uzunov

Department of Machine Elements, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: adu@mail.bg

Abstract: Relationships, giving the optimal distribution of the reduction ratio between the two stages with reference to minimum center distance are derived. Some aspects of using the obtained relationships in the environment of mathematical applications for design calculations of two stage gear arrangements are also presented.

Keywords: two stage gear reducer, minimum center distance

КИНЕМАТИЧНО МОДЕЛИРАНЕ НА ШАРНИРНО-ЛОСТОВИ МЕХАНИЗМИ НА СТРОИТЕЛНИ МАШИНИ

Росен МИТРЕВ

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

Резюме: Кинематичното моделиране на работни съоръжения на строителни машини, изградени на базата на шарнирно-лостови механизми, е от голяма важност на всички етапи на проектирането и изследването. В работата се предлагат алгоритъм и компютърна програма, решаващи тази задача. Предложеният алгоритъм включва геометричен анализ, анализ на скоростите и ускоренията на механизма и се характеризира с възможност за формализация на съставянето на необходимите уравнения и автоматизация на изчисленията. Като резултат от приложението на алгоритъма се получават позициите, скоростите и ускоренията на звената, а също така и кинематичните параметри на характерни точки от звената. Като пример за приложение на алгоритъма и програмата е извършен кинематичен анализ на стандартно багерно работно съоръжение с три степени на свобода.

Ключови думи: права задача на кинематиката, строителни машини, подход

1. ВЪВЕДЕНИЕ И ЦЕЛ НА РАБОТАТА

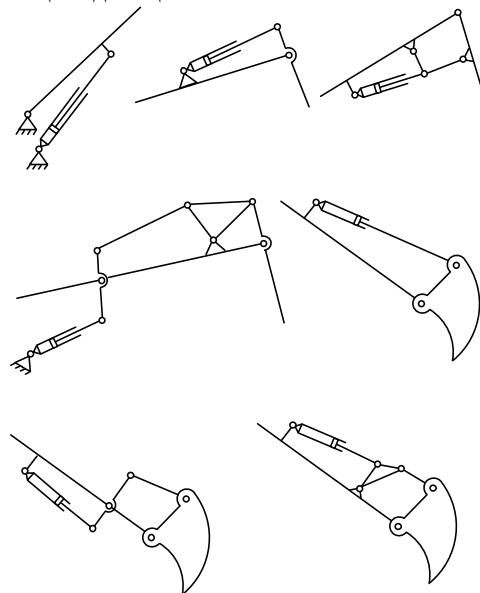
Значителна част от строителните (също така и от подемно-транспортните, минните и манипулационните машини) имат работни съоръжения, изградени на базата на шарнирно-лостови механизми. Типични представители на тази група са хидравлични багери, товарачни машини, автобетонпомпи, товароподемни манипулатори, автомобилни кранове и др. Анализът на структурата на различни по предназначението си работни съоръжения показва, че най-често те представляват сложна равнинна многозвенна система, състояща се от:

1) последователно свързани чрез въртящи и (или) плъзгащи кинематични двоици звена, формиращи отворена кинематична верига. Кинематичните параметри на отворената кинематична верига определят в значителна степен технологичните възможности на машината. Технологичното предназначение на машината определя броя на звената в отворената кинематична верига - техният брой може да достигне 6 последователно свързани звена, а в определени случаи и повече;

2) едно- или многоконтурни затворени кинематични вериги, формирани от звената на задвижващите елементи и механизми.

Поради значителните сили, възникващи при извършване на технологични операции, звената най-често се задвижват от хидравлични цилинд-

ри, свързани директно с тях или посредством равнинни шарнирно-лостови механизми – фиг.1. В определени случаи е възможно задвижване по степените на свобода чрез ротационен двигател, свързан директно или посредством редуктор към въртящата двоица.



фиг.1 Елементи на кинематични схеми на работни съоръжения

Съгласно казаното по-горе, работното съоръжение представлява отворена кинематична верига, комбинирана с няколко затворени кинематични вериги.

матични вериги. Също така се срещат и отворени и затворени кинематични вериги в чистия им вид.

Кинематичното моделиране на шарнирно-лостовите механизми е от голяма важност на всички етапи на проектирането и изследването им. Геометричните параметри, скоростите и ускоренията на звената са основен определящ фактор за редица важни параметри на машината - технически и технико-икономически показатели, скорости на рязане на почвата, инерционни натоварвания върху звената и работния орган, параметри на взаимодействие между системата за управление на машината и оператора, конструкция и параметри на хидравличната система и др. Кинематичното моделиране скъсява периода на проектиране и изследване и подпомага процеса на синтез на работното съоръжение.

На кинематичния анализ на шарнирно-лостовите работни съоръжения на строителни машини са посветени редица работи, използващи различни подходи от „Теория на машините и механизмите”. В работата [9] е използван подход, базиран на трансформационни матрици, за определяне на положенията и скоростите на звената на отворена кинематична верига на работното съоръжение на хидравличен багер. Същите матрици са използвани и в работата [16] за решаване на правата и обратната задачи на кинематиката на работното съоръжение на хидравличен багер, и в [13] за извършване на геометричен анализ. В работата [10] се предлага подход за геометричен анализ на работно съоръжение на хидравличен багер, подходящ за стадия на предпроектен анализ. В работата [8] е предложен компютърно-ориентиран алгоритъм за анализ на шестзвенеен механизъм за задвижване на работни органи на строителни машини, базиращ се на метода на затворените векторни контури. Методът на затворените векторни контури се използва и в [14] за геометричен анализ на работно съоръжение на багер с пневматично задвижване, а в работата [6] за кинематичен анализ на работно съоръжение на кариерен хидравличен багер. В [1] е извършено аналитично изследване на кинематиката на шарнирно-лостови механизми на хидравлични багери, а работата [2] е посветена на аналитично изследване на кинематиката на стреловия механизъм на товарач с три подвижни хидроцилиндъра. Авторите [11] решават правата и обратната за-

дачи на кинематиката на челен товарач, а авторът [3] е извел аналитични зависимости, подходящи за геометричен анализ на работното съоръжение на челен товарач. Кинематичните параметри на работните съоръжения също така могат да бъдат получени като резултат от техният динамичен анализ [12].

Кинематичното моделиране на сложни механизми с голям брой звена е немислимо без компютър. Редица изследователи и комерсиални организации са разработили компютърно ориентирани алгоритми и компютърни програми за автоматизация на тази дейност. Създадени са както универсални програми с общо приложение към широк клас механизми [4,17,18,19], така и специализирани програми, подходящи за анализ на конкретен вид или клас механизми [5,8].

Големият брой на звената на шарнирно-лостовите работни съоръжения, необходимостта от определяне на кинематичните параметри при различни моментни геометрични конфигурации на механизма и необходимостта от автоматизацията на изследването, определят и най-рационалния подход за решаване на правата задача на кинематиката – използване на компютърно ориентирани алгоритми, базирани на аналитични и числени методи [7,15,17]. Тези методи позволяват да бъде формализирано съставянето на уравненията, необходими за кинематичното изследване и автоматизирано тяхното числено решаване.

Основните задачи, които е необходимо да се решат в настоящата работа са: 1) да се разработи алгоритъм за кинематично моделиране на равнинни шарнирно-лостови механизми на работни съоръжения на строителни машини; 2) на база на предложения алгоритъм да се разработи компютърна програма, реализираща предложеният алгоритъм и автоматизираща повечето изчислителни операции.

2. КИНЕМАТИЧНО МОДЕЛИРАНЕ НА ШАРНИРНО-ЛОСТОВИ РАБОТНИ СЪОРЪЖЕНИЯ

В настоящата работа под кинематично моделиране ще се разбира решаване на правата задача на кинематиката на шарнирно-лостовите механизми на строителни машини. Както е известно,

правата задача на кинематиката се състои в геометричен анализ на механизма, определяне на скоростите и ускоренията на звената и характерни точки от механизма като функция на кинематичните параметри на входните звена.

2.1 Геометричен анализ на механизма

Геометричният анализ на шарнирно-лостовия механизъм се свежда до формиране и решаване на система нелинейни алгебрични уравнения, описващи неговата геометрия. Тази система се формира от аналитичните уравнения на връзките, налагащи ограничения върху относителното движение на две тела. Връзките в шарнирно-лостовите механизми на работните съоръжения могат да бъдат считани за холономни и стационарни. Системата нелинейни алгебрични уравнения, описваща геометрията на механизма, се записва в следния общ вид:

$$\Phi^g(\mathbf{q}) = [\Phi_1^g(\mathbf{q}), \Phi_2^g(\mathbf{q}), \dots, \Phi_i^g(\mathbf{q}), \dots, \Phi_{ng}^g(\mathbf{q})]^T = \mathbf{0} \quad (1)$$

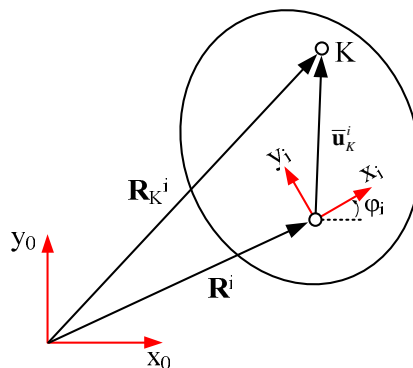
където \mathbf{q} е векторът на декартовите координати на механизма; $\Phi_i^g(\mathbf{q})$ - уравнения на връзките; $i=1 \dots ng$.

Броят на уравненията n_g в (1) зависи от броя на звената на механизма, от броя и вида на кинематичните двоци, а също така и от вида на използваните координати, описващи положението на звената.

За дефиниране на положението на звено в равнината, в настоящата работа се използват три абсолютни декартови координати, определящи еднозначно позицията и ориентацията на подвижните звена спрямо неподвижна координатна система. Изборът на такъв тип координати позволява в значителна степен формализация на съставянето на необходимите уравнения. Също така, изграденият кинематичен модел на механизма служи като основа за изграждане на динамичен модел на същия механизъм. Към центъра на тежестта на всяко от звената е свързана локална координатна система $x_i y_i$ – виж фиг.1.

Позицията и разположението на звено i спрямо глобалната неподвижна координатна система $x_0 y_0$ се определя от: 1) радиус-вектора \mathbf{R}_i на началото на локалната координатна система $x_i y_i$ в глобалната координатна система $x_0 y_0$ - $\mathbf{R}_i = [x_i, y_i]^T$; 2) ъгъла на наклона φ_i на оста x_i на локалната координатна система спрямо оста x_0 на

глобалната координатна система. За положителна посока на промяна на ъгъла φ_i е приета посоката против часовниковата стрелка.



фиг.1 Декартови координати, дефиниращи положението на звено в равнината

Колонковият вектор $\mathbf{q}_i = [x_i, y_i, \varphi_i]^T$ представлява векторът на декартовите координати на звеното i и неговите компоненти са достатъчни за еднозначно описание на позицията и разположението на звеното в равнината. Когато равнинният механизъм се състои от nb броя звена, броят на декартовите координати за целия механизъм е

$$nc = 3 \times nb \quad (2)$$

Векторът на декартовите координати за целия механизъм има следната структура:

$$\mathbf{q} = [\mathbf{q}_1^T, \mathbf{q}_2^T, \dots, \mathbf{q}_{nb}^T]_{nb \times 1}^T \quad (3)$$

Тъй като разглежданите шарнирно-лостови механизми представляват изменяема система, то $n_c > n_g$ и броят на уравненията на системата (1) не е достатъчен за определяне на компонентите на вектора \mathbf{q} .

Броят на степените на свобода на механизма nd е:

$$nd = 3 \times nb - 2p_s \quad (4)$$

където p_s е броят на кинематичните двоци от V^{III} клас. За да се определят компонентите на вектора на декартовите координати (3) е необходимо да се дефинират още nd броя допълнителни уравнения-законите на движение на входните звена:

$$\Phi^d(\mathbf{q}, t) = [\Phi_1^d(\mathbf{q}, t), \Phi_2^d(\mathbf{q}, t), \dots, \Phi_{nd}^d(\mathbf{q}, t)]_{nd \times 1}^T = \mathbf{0} \quad (5)$$

Комбинирането на (1) и (5) формира система нелинейни алгебрични уравнения с размерност, достатъчна за определяне на геометричната

конфигурация на механизма в определен момент от време:

$$\Phi(\mathbf{q}, t) = \begin{bmatrix} \Phi^s(\mathbf{q}) \\ \Phi^d(\mathbf{q}, t) \end{bmatrix}_{nc \times 1} = \mathbf{0} \quad (6)$$

Кинематичните ограничения върху движението на звената, налагани от въртящите или плъзгащите кинематични двоици (фиг.2) в шарнирно-лостовите механизми се описват чрез съответните уравнения на връзките.

2.1.1 Уравнения на връзките на въртяща кинематична двоица

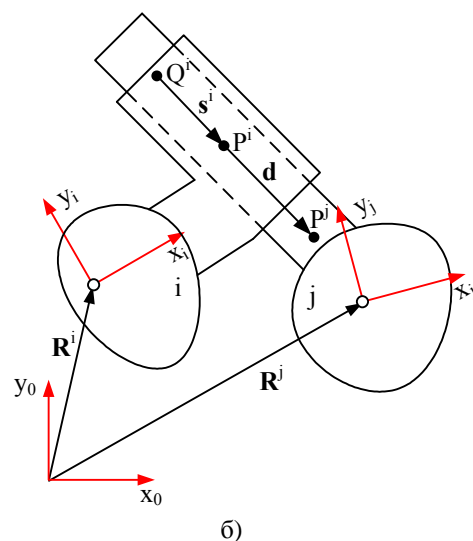
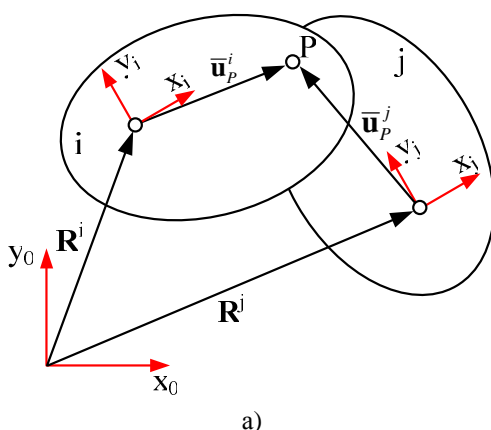
На фиг.2а) са показани схематично две звена, свързани чрез въртяща двоица в точка P .

За да бъдат двете звена свързани с въртяща двоица е необходимо радиус-векторът на точка P в неподвижната координатна система x_0y_0 , разгледан като точка от звено i , да съвпада с радиус-вектора на същата точка, но разгледана като точка от звено j . Това условие се записва така във векторен вид:

$$\mathbf{R}^i + \mathbf{A}^i \bar{\mathbf{u}}_p^i - \mathbf{R}^j - \mathbf{A}^j \bar{\mathbf{u}}_p^j = \mathbf{0} \quad (7)$$

Векторният израз (7) се състои от две скаларни уравнения, представляващи уравненията на връзките за въртящата двоица:

$$\begin{aligned} x^i + \bar{x}_p^i \cos \phi^i - \bar{y}_p^i \sin \phi^i - x^j - \bar{x}_p^j \cos \phi^j + \\ + \bar{y}_p^j \sin \phi^j = 0 \\ y^i + \bar{x}_p^i \sin \phi^i + \bar{y}_p^i \cos \phi^i - y^j - \bar{x}_p^j \sin \phi^j - \\ - \bar{y}_p^j \cos \phi^j = 0 \end{aligned} \quad (8)$$



фиг.2 Условни схеми на въртяща и плъзгаща кинематични двоици

В (7) чрез \mathbf{A}^i и \mathbf{A}^j са означени матриците на ротация на звената i и j , а чрез $\bar{\mathbf{u}}_p^{i(j)} = [x_p^{i(j)} \ y_p^{i(j)}]^T$ са означени векторите, описващи позицията на точка P в локалните координатни системи на звената i и j .

$$\mathbf{A}^{i(j)} = \begin{bmatrix} \cos(\phi^{i(j)}) & -\sin(\phi^{i(j)}) \\ \sin(\phi^{i(j)}) & \cos(\phi^{i(j)}) \end{bmatrix} \quad (9)$$

2.1.2 Уравнения на връзките на плъзгаща кинематична двоица

На фиг.2б) схематично са показани две звена, свързани чрез плъзгаща двоица. За да формират двете звена плъзгаща двоица е необходимо да бъде ограничено движението им в направление, перпендикулярно на линията на трансляция на двоицата (линията Q^i-P^j). За да се запише аналитично това ограничително условие се дефинират два помощни вектора \mathbf{s}^i и \mathbf{d} , които са успоредни. Тези вектори се дефинират чрез три точки, разположени върху линията на трансляция – т. Q^i и т. P^j , принадлежащи на звено i и точка P^i , принадлежаща на звено j . Векторът \mathbf{s}^i принадлежи на звено i и е дефиниран между точки Q^i и P^i , а векторът \mathbf{d} е дефиниран между точките P^i и P^j , а компонентите им са следните:

$$\mathbf{s}^i = \begin{bmatrix} x_Q^i - x_P^i \\ y_Q^i - y_P^i \end{bmatrix}, \quad \mathbf{d} = \begin{bmatrix} x_P^j - x_P^i \\ y_P^j - y_P^i \end{bmatrix}$$

където $x^{i(j)}$ и $y^{i(j)}$ са координатите на съответните точки в неподвижната координатна система.

Първото уравнение на връзката следва от факта, че векторното произведение на два успоредни вектора е равно на нула:

$$\mathbf{s}^i \times \mathbf{d} = \mathbf{0} \quad (10)$$

Изразът (10) е еквивалентен на следното скалярно уравнение:

$$(x_Q^i - x_P^i)(y_P^j - y_P^i) - (x_P^j - x_P^i)(y_Q^i - y_P^i) = 0 \quad (11)$$

За да се отстрани релативната ротация между двете звена е необходимо и второ уравнение на връзката (12) където ϕ_0^i and ϕ_0^j са началните ъгли на наклона на звената i и j .

$$\phi^i - \phi^j - (\phi_0^i - \phi_0^j) = 0 \quad (12)$$

Посредством уравненията (8), (11) и (12), записани за всяка от кинематичните двойки на механизма, се формира системата уравнения (1), описваща геометрията на механизма.

За да се дефинират движенията на входните звена е необходимо да се съставят допълнителни алгебрични уравнения (5), задаващи законите на движение на входните звена.

Хидравличния цилиндър се представя чрез две звена (корпус и бутален прът), свързани чрез плъзгаща двойка. Движението на буталния прът по определен закон спрямо корпуса се задава във функция на времето, дефинираща промяната на разстоянието $C_1^{ij}(t)$ между точка от корпуса на хидравличния цилиндър P^i и точка от буталния прът P^j (виж фиг.2б)), лежащи върху линията на трансляция:

$$\|P^i P^j\| = C_1^{ij}(t) \quad (13)$$

Алгебричното уравнение, представящо условието (13) се записва така:

$$\Phi_k^d(\mathbf{q}, t) = (\mathbf{R}_P^i - \mathbf{R}_P^j)^T (\mathbf{R}_P^i - \mathbf{R}_P^j) - (l_{ij}^0 \pm f_{ij}(t))^2 \quad (14)$$

където чрез $\mathbf{R}_P^{i(j)} = [x_P^{i(j)} \ y_P^{i(j)}]$ са означени радиус-векторите, описващи позицията на точките P^i и P^j в неподвижната координатна система; l_{ij}^0 е началното разстояние между точките P^i и P^j ; $f_1^{ij}(t)$ - закон на промяна на разстоянието между двете точки. Знак плюс в (14) се използва когато

хидравличния цилиндър увеличава дължината си, а знак минус когато я намалява.

Когато задвижването на звената се извършва чрез ротационен двигател, законът за изменение на относителното завъртане между звената се записва по следния начин (фиг.2б)):

$$\phi^i - \phi^j - C_2^{ij}(t) = 0 \quad (15)$$

където $C_2^{ij}(t)$ е закона за изменение на ъгъла на завъртане на звено i спрямо звено j .

Необходимо е да се отбележи, че броят на степените на свобода на работните съоръжения се променя ($nd \geq 0$) при извършване на различни етапи на дадена технологична операция или при различни технологични операции – движенията по някои от степените на свобода се блокират чрез блокиране на съответните двигателни елементи. В уравненията този факт се отчита като за блокирания двигателен елемент разстоянието $C_1^{ij}(t)$ или ъгъла на завъртане $C_2^{ij}(t)$ се приемат константни, а при наличие на движение по съответната степен на свобода се променят по определен закон.

2.2 Анализ на скоростите на звената

Кинематичните уравнения на скоростта се получават след диференциране на (6) спрямо времето и имат следният вид [17]:

$$\Phi_q \dot{\mathbf{q}} + \Phi_t = 0 \quad (16)$$

В (16) чрез $\dot{\mathbf{q}}$ е означен векторът на скоростите на звената на механизма; q и t , поставени като долни индекси означават диференциране съответно спрямо координатите и времето; чрез Φ_t е означена първата производна на $\Phi(\mathbf{q})$ спрямо времето (18); матрицата Φ_q се нарича матрица на Якоби и се пресмята като частна производна на алгебричните уравнения спрямо координатите(17).

$$\Phi_q = \left[\frac{\partial \Phi_i(\mathbf{q}, t)}{\partial q_j} \right]_{nc \times nc} \quad (17)$$

$$i = 1 \dots nc, \quad j = 1 \dots nc$$

$$\Phi_t = \left[\frac{\partial \Phi_i(\mathbf{q}, t)}{\partial t} \right]_{nc \times 1} \quad (18)$$

$$i = 1 \dots nc$$

Тъй като системата (16) е линейна спрямо вектора на скоростта $\dot{\mathbf{q}}$ и матрицата Φ_q е несингулярна, то компонентите на $\dot{\mathbf{q}}$ могат да се определят еднозначно.

2.3 Анализ на ускоренията на звената

Кинематичните уравнения на ускоренията се получават след диференциране на (16) спрямо времето и имат следният вид [17]:

$$\Phi_q \ddot{\mathbf{q}} + (\Phi_{qt} \dot{\mathbf{q}}) \dot{\mathbf{q}} + 2\Phi_{qt} \dot{\mathbf{q}} + \Phi_{tt} = 0 \quad (18)$$

където чрез $\ddot{\mathbf{q}}$ е означен векторът на ускоренията на звената на механизма; чрез Φ_{tt} е означен вектор, представляващ втората производна на $\Phi(\mathbf{q})$ спрямо времето; чрез Φ_{qt} е означена матрица, състояща се от частните производни на Φ_q спрямо времето.

Системата уравнения (18) е линейна спрямо вектора на ускоренията $\ddot{\mathbf{q}}$ и компонентите на $\ddot{\mathbf{q}}$ могат да се определят еднозначно.

2.4 Определяне на кинематичните параметри на характерни точки от механизма

Определен интерес представлява определянето на кинематичните параметри на характерни точки от звената работното съоръжение, например върха на зъба на коша на багер или центъра на тежестта на определено звено.

Позицията в равнината на определена точка K^i от звено i (виж фиг.1) при определени вече позиция и ориентация на локалната координатна система $x_i y_i$; се определят чрез следното векторно уравнение:

$$\mathbf{R}_K^i = \mathbf{R}^i + \mathbf{A}^i \bar{\mathbf{u}}_K^i \quad (19)$$

Скоростта и ускорението на същата точка се получават след диференциране на (19) спрямо времето и след известни преобразования се определят по зависимости (20) и (21).

$$\dot{\mathbf{R}}_K^i = \dot{\mathbf{R}}^i + \dot{\bar{\mathbf{u}}}_K^i \dot{\phi}_i \quad (20)$$

$$\ddot{\mathbf{R}}_K^i = \ddot{\mathbf{R}}^i + \ddot{\bar{\mathbf{u}}}_K^i \dot{\phi}_i - \mathbf{u}_K^i \dot{\phi}_i^2 \quad (21)$$

В (19), (20) и (21) са въведени следните означения: $\mathbf{u}_K^i = \mathbf{A}_i \bar{\mathbf{u}}_K^i = [x_K^i \ y_K^i]^T$ - вектор на координатите на точката K^i в локалната координатна система $x_i y_i$, проектиран върху осите на глобалната координатна система $x_0 y_0$; векторът

$\bar{\mathbf{u}}_K^i = [-y_K^i \ x_K^i]^T$ представлява векторът \mathbf{u}_K^i , но ротиран на 90° срещу часовниковата стрелка.

3. АЛГОРИТЪМ И КОМПЮТЪРНА ПРОГРАМА ЗА КИНЕМАТИЧНО МОДЕЛИРАНЕ

Горните разглеждания позволяват да бъде съставен алгоритъм за кинематично моделиране, върху който да бъде съставена компютърна програма. Основните стъпки на алгоритъма са следните:

1) Съставя се кинематична схема на разглеждания механизъм, определят се броя на звената и типа и броят на свързващите ги кинематични двоици; Извършва се номерация на звената, като неподвижната база има номер 0; Определят се ng , nc и nd ; Към звената се присъединяват локални координатни системи. От геометрията на звената се определят координатите на необходимите точки в локалната координатна система;

2) Използвайки получените в стъпка 1 данни и на изразите (8), (11) и (12) в аналитичен вид се записва системата нелинейни алгебрични уравнения (1), описваща геометричната структура на механизма;

3) Определят се входните звена и използвайки изразите (14) и (или) (15) се записват nd броя допълнителни уравнения, дефиниращи техните закони на движение;

4) В аналитичен вид се получават матрицата на Якоби Φ_q (17), векторите Φ_t и Φ_{tt} , матрицата Φ_{qt} ;

5) Организира се програмен цикъл, в който времето се променя от 0 до t_e със стъпка Δt , като броят на стъпките е z . На всяка стъпка се извършват следните действия:

- пресмятат се числените стойности на законите за движение на входните звена;

- чрез числен метод (например метода на Нютон-Рафсън) се решава системата нелинейни алгебрични уравнения (6) за получаване на стойностите на вектора \mathbf{q}^z на текущата стъпка. Началното приближение на вектора на координатите \mathbf{q}_0^{z+1} на всяка следваща стъпка се пресмята по (22), като се използват стойностите на векторите $\mathbf{q}^z, \dot{\mathbf{q}}^z, \ddot{\mathbf{q}}^z$ от предната стъпка;

$$\mathbf{q}_0^{z+1} = \mathbf{q}^z + \Delta t \dot{\mathbf{q}}^z + \frac{(\Delta t)^2}{2} \ddot{\mathbf{q}}^z \quad (22)$$

- пресмятат се числените стойности на матриците Φ_q^z , $(\Phi_q \dot{\mathbf{q}})_q$ и Φ_{qt}^z и на векторите Φ_t^z и Φ_n^z на текущата стъпка;

- решават се системите линейни уравнения (16) и (18) за получаване на стойностите на векторите $\dot{\mathbf{q}}$ и $\ddot{\mathbf{q}}$;

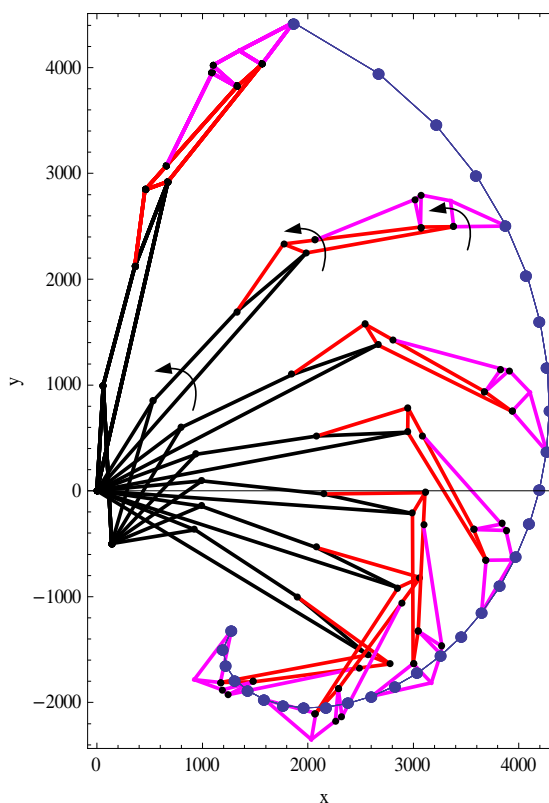
- по изрази (19), (20) и (21) се пресмятат позицията, скоростите и ускоренията на характерните точки от механизма;

6) Извършва се визуализация, анимация и представяне в табличен вид на получените резултати.

Тук следва да се обърне внимание, че стъпките от 1 до 3 на алгоритъма са свързани със задаване на геометрията на конкретния механизъм и дефиниране на законите на движение на входните звена и изискват участието на оператора и работа в диалогов режим с компютъра. Стъпки 4 и 5 при които се пресмятат необходимите величини и се извършват пресмятията на кинематичните параметри могат да бъдат напълно автоматизирани.

Подходящи за реализация на компютърна програма са съвременните системи за компютърна математика, които имат предимство спрямо стандартните алгоритмични езици по отношение на наличните в тях като команди алгоритми за реализиране на математическите операции - символно умножение на матрици, символно диференциране, числено решаване на системи нелинейни и линейни уравнения, лесна визуализация и анимация на получените резултати. В системата за компютърна математика Mathematica® е съставена програма, реализираща предложения алгоритъм. Като пример е извършен кинематичен анализ на стандартно багерно работно съоръжение тип „обратна лопата”. Хидравличните цилиндри, задвижващи стрелата и носача формират четиризвенни кулисни механизми. Кошът се задвижва от шестзвенен механизъм, формиран от кулисен и четиризвенен механизми. Общият брой на звената на работното съоръжение nb е 11, броят на двоиците от пети клас p_5 е 15 (3 плъзгачи и 12 въртящи), матрицата на Якоби е с размерност 33×33 , броят на степените на свобода nd е 3. Разгледан е случая на едновременно дви-

жение на буталните пръти на трите задвижващи хидроцилиндъра с постоянна скорост при движение на работното съоръжение „отдолу нагоре”. (виж фиг.3) На фиг.3 са показани: 1) траекторията на движение на върха на зъба на коша; 2) няколко междинни положения на работното съоръжение. На фиг.4 са показани положението, скоростта и ускорението на върха на зъба на коша. На фиг.5 са показани законите за движение на началото на координатната система на звено б - носача.



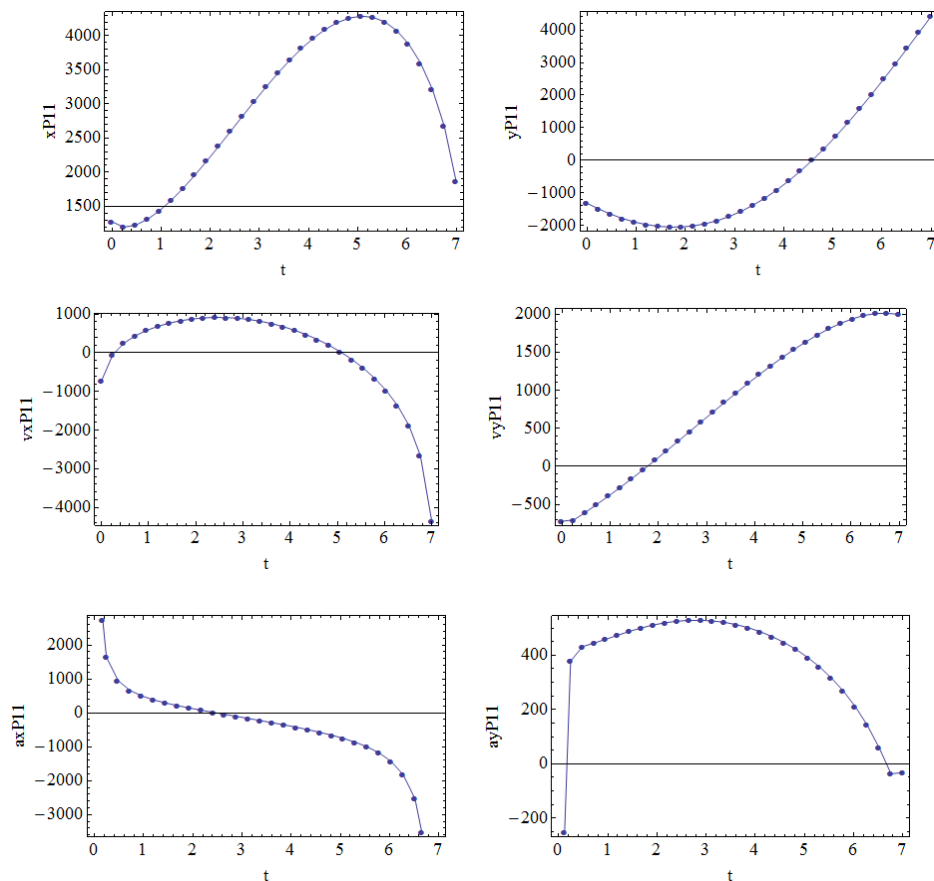
фиг.3 Траектория на движение на върха на зъба на коша и междинни положения на работното съоръжение

4. ИЗВОДИ

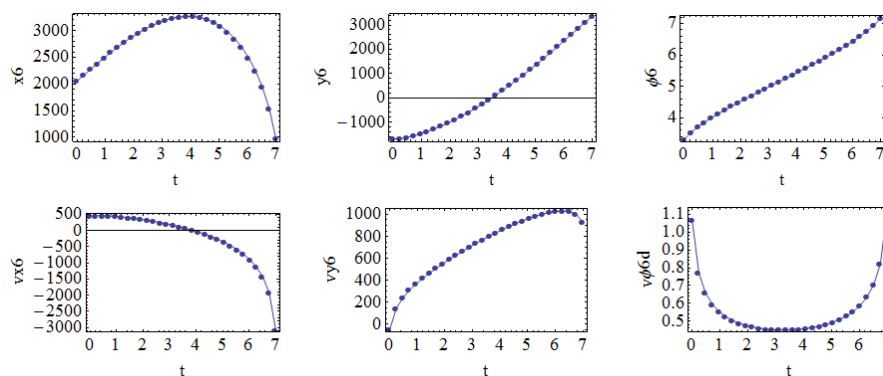
Кинематичното моделиране на багерното работно съоръжение, анализът на получените резултати, верификацията и валидацията на модела показват, че предложеният алгоритъм и разработената на негова база компютърна програма са подходящи за моделиране на кинематиката на

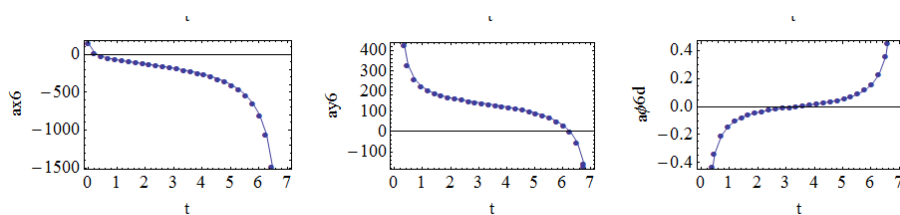
шарнирно-лостови работни съоръжения на строителни машини. Използваният подход позволява бърза оценка на кинематичните параметри на

разработвания механизъм и значително съкращаване на времетраенето на изследването и проектирането на машината.



Фиг.4 Положения x (mm), скорости v (mm/s) и ускорения a (mm/s²) на върха на зъба на коша





фиг.5 Положения x (mm), скорости v (mm/s) и ускорения a (mm/s²) на звено 6 (носач)

Литература

1. **Бровин В.А.** Исследование и проектирование шарнирно-рычажных механизмов гидравлических экскаваторов. Автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 1969г.
2. **Волошинский В., Светинь Я., Турко П., Петрик Н.** Алгоритм кинематического расчета механизма стрел самопогрузчика с тремя подвижными гидроцилиндрами. Труды ГСКБ по автопогрузчикам. Львов-1975.
3. **Георгиев М.** Относно взаимодействия в система „среда-машина“ като основа за автоматизиране на работния процес. Дисертация за получаване на научна степен кандидат на техническите науки. София, 1990.
4. **Евграфов А.Н, Петров Г.Н.** Геометрический и кинестатический анализ плоских рычажных механизмов второго класса // Теория механизмов и машин .2003г.выпуск №2
5. **Евграфов А.Н, Петров Г.Н.** Компьютерная анимация кинематических схем в программах Excel и MathCAD // Теория механизмов и машин 2008 г. №1 (11). Том 6
6. **Комиссаров А.П.** Моделирование рычажно-гидравлических механизмов и обоснование перспективных конструкции карьерных гидравлических экскаваторов. Автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук. Екатеринбург 2004.
7. **Малиновский Е.Ю, Зарецкий Л.Б, Беренгард Ю.Г., Гайцгори М.М., Гольдин Ю.М, Частухин Л.М.** Расчет и проектирование строительных и дорожных машин на ЭВМ. Машиностроение, Москва, 1980.
8. **Митрев Р.П.** Компьютерный кинематический анализ шестизвенного механизма для привода рабочих органов строительных и дорожных // Теория механизмов и машин 2008 г. №1 (11). Том 6. С.81-88.
9. **Панов В., Данчев Д.** Скоростно поле в работно съоръжение на хидравлически багер. Механика на машините №10, 1995.
10. **Побегайло П.А.** Об одном способе решения прямой задачи о положениях рабочего оборудования гидравлического экскаватора // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. докладов VIII Международной научно-технической конференции. "Чтения памяти В.Р. Кубачека". Екатеринбург: УГГА, 2010. с. 319 - 324.
11. **Семёнова Н.С., Семёнов Ю.А.** Курсовой проект „Исследование подъемно-транспортных и строительно-дорожных машин // Теория механизмов и машин. 2009 г. № 2 (14). Том 7.
12. **Frimpong S.** Dynamic Modeling of Hydraulic Shovel Excavators for Geomaterials International Journal of Geomechanics, Vol. 8, No. 1, January/February 2008, pp. 20-29
13. **Hofstra, C. , Hemmen A., Miedema, S.A., Hulsteyn J.** Describing the position of backhoe dredges. Texas A&M 32nd Annual Dredging Seminar. Warwick, Rhode Island, June 25-28, 2000.
14. **Hsin-Sheng,L, Shinn-Liang C., Kuo-Liang L.** A study of the design, manufacture and remote control of a pneumatic excavator. International journal of mechanical engineering education. Volume 32, Issue 4, pp.345-362.
15. **Jalon J., Bayo E.** Kinematic and dynamic simulation of multibody systems.The real-time challenge. Springer 1993.
16. **Koivo A.J.** Kinematics of Excavators (Backhoes) for Transferring Surface Material Journal of Aerospace Engineering, Vol. 7, No. 1, January 1994, pp. 17-32,
17. **Nikravesh P.** Computer-aided analysis of mechanical systems. Prentice Hall, 1988.
18. **Varbanov H., Yankova T., Kulev K., Lilov S.** S&A – Expert System for Planar Mechanisms Design. Elsevier Journal - Expert Systems with Applications 31, 2006, pages 558-569.
19. www.msc.com

KINEMATICAL MODELING OF WORKING EQUIPMENT OF CONSTRUCTION MACHINES

Rosen MITREV

Logistics engineering, material handling and construction machines dept., Technical University - Sofia, Bulgaria,

e-mail: rosenm@tu-sofia.bg

Abstract: Kinematical modeling of working equipment of construction machines is important task at all stages of it's design and investigation. In the present work an algorithm and computer program which solves this task are presented. The algorithm consists of position, velocity and acceleration analyses. For description of position and orientation of the working equipment links a set of Cartesian coordinates is used. The formulation of algebraic equations is formalized and its solution is automated by a computer program. As an example, kinematical modeling of standard backhoe excavating equipment with 3DOF is performed.

Ключови думи: kinematical modeling, construction machines