

Българско списание за Инженерно ПРОЕКТИРАНЕ

брой №29, април 2016г.

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

Председател

Б. Григоров, ТУ-София, България

М.Т.Георгиев	ТУ-София, България	К.Деметрашвили	ТУ, Тбилиси, Грузия
Г.Дюкенджиев	ТУ-София, България	С.Симеонов	ТУ, Бърно, Чехия
М.Денчев	ТУ-София, България	В.Николич	Университет в Ниш, Сърбия
И.Малаков	ТУ-София, България	А.Янакиев	Nottingham Trent University, UK
П.П.Петров	ТУ-София, България	Н.Чернев	University of Auvergne, France
В.Панов	ТУ-София, България	В. Lepadatescu	Transilvania University of Brashov, Romania
М.З.Георгиев	ТУ-София, България	N.Zrnic	University of Belgrad, Serbia
Н.Л.Николов	ТУ-София, България	M.Jovanovic	University of Nish, Serbia
М.Георгиев	МГТУ Станкин, Москва, Россия	D.Michalopoulos	University of Patras, Greece
В.Христов	ЮЗУ „Н.Рилски” Благоевград, България	N.Kubota	Tokyo Metropolitan Univer- sity, Japan
Ch.Apostolopoulos	University of Patras, Greece	С.Емельянов	Юго-Западный гос. уни- верситет, Курск, Россия
Л.Червяков	Юго-Западный гос. уни- верситет, Курск, Россия	В.Спасов	ВТУ „Т.Каблешков“, Со- фия, България
О.Лисовиченко	Национален технически университет, Украйна	В.Кирилович	Житомирски държавен технологичен университет, Украйна

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.
Списанието се индексира в Index Copernicus: www.indexcopernicus.com

Bulgarian journal for **Engineering Design**

issue №29, April 2016

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

Chairman

B.Grigorov, TU-Sofia, Bulgaria

M.T.Georgiev	TU-Sofia, Bulgaria	K.Demetrashvili	TU, Tbilisi, Georgia
G.Diukendzhiev	TU-Sofia, Bulgaria	S.Simeonov	TU, Brno, Czech Republic
M.Denchev	TU-Sofia, Bulgaria	V.Nikolich	Nish university, Serbia
I.Malakov	TU-Sofia, Bulgaria	A.Ianakiev	Nottingham Trent University, UK
P.P.Petrov	TU-Sofia, Bulgaria	N.Chernev	University of Auvergne, France
V.Panov	TU-Sofia, Bulgaria	B.Lepadatescu	Transilvania University of Brashov, Romania
M.Z.Georgiev	TU-Sofia, Bulgaria	N.Zrnic	University of Belgrad, Serbia
N.L.Nikolov	TU-Sofia, Bulgaria	M.Jovanovic	University of Nish, Serbia
M.Georgiev	MGTU Stankin, Moscow, Russia	D.Michalopoulos	University of Patras, Greece
V.Hristov	SWU „N.Rilski” Blagoevgrad, Bulgaria	N.Kubota	Tokyo Metropolitan University, Japan
Ch. Apostolopoulos	University of Patras, Greece	S.Emelianov	South West State University, Kursk, Russia
L.Cherviakov	South West State University, Kursk, Russia	V.Spassev	VTU „T.Kableshekov”, Sofia, Bulgaria
O.Lisovychenko	National technical university, Ukraine	V.Kirilovich	Zhytomyr state technological university, Ukraine

Editor

R.Mitrev, TU-Sofia, Bulgaria

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

The journal is indexed in Index Copernicus: www.indexcopernicus.com

СЪДЪРЖАНИЕ

Експериментално определяне на коефициента на интензивност на напреженията.....	5
Г.Тодорова	
Особенности електромеханическото преобразование на енергия цилиндрическим пьезокерамическим излучателем в составе системы излучателей	15
А.Лейко, А.Нижник, Н.Богданова	
Overview of the principles of 3D modeling systems	23
А.Bocevska, T.Neshkov	
Насоки за повишаване конкурентоспособността на товарния автомобилен транспорт при извършването на превози в международно съобщение	29
К.Луканов	
Методи и средства за решаване на актуални проблеми на финансовият инженеринг.....	39
Н.Христов	
Eco design, energy efficiency, market proposals and purchasing choice	45
T.Dimitrov	
Експериментално изследване на сплави с памет на формата чрез специализиран стенд.....	51
Т.Тодоров, Р.Николов, Я.Ралев	
Инструменти за контрол на качеството на логистичните проекти.....	57
М.Воденичарова	
The effective method of distributed data storage that provides high access speed and level of safety.....	67
A. Volokyta, P. Rehida, V. Shyrochyn, A. Nikitiuk, Vu Duc Thinh	
Математическо моделиране и анализ на едноензимен биосензор при пинг-понг ензимна кинетика.....	77
Н.Стоянов, А.Панделова	
Объяснение физической сущности эффекта губера в колесных и подшипниковый парах	83
А. Сильвестров, Д. Зименков, Н. Беленок	
Модифицированный метод обработки запросов в распределенных базах данных на основе механизма кеширования индексов.....	89
В.Мухин, Я.Корнага	
Геометричен анализ на хидравлически багер с кинематична структура $R \mid R \parallel R \parallel R$.....	95
Р.Митрев	

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НА КОЕФИЦИЕНТА НА ИНТЕНЗИВНОСТ НА НАПРЕЖЕНИЯТА K_I

Галина ТОДОРОВА

катедра „Съпротивление на материалите“, Технически университет - София, България

e-mail: gtodor@tu-sofia.bg

Резюме: Приложен е методът на координатните мрежи за експериментално определяне на коефициента на интензивност на напреженията K_I за пукнатина с краен радиус при равнинно напрегнато състояние. Представени са алгоритъмът за изчисления и експериментални резултати за K_I .

Ключови думи: метод на мрежите, коефициент на интензивност на напреженията K_I , равнинно напрегнато състояние

1. ВЪВЕДЕНИЕ

В линейната механика на разрушаването пукнатините се разделят на три типа според вида на деформациите, които се развиват в околността на техните брегове. На трите типа съответстват коефициентите на интензивност на напреженията - K_I , K_{II} и K_{III} .

Коефициентът на интензивност на напреженията (КИН) определя големината на напреженията в близост до върха на пукнатината или по-точно, колко бързо те нарастват с приближаване към върха на пукнатината. КИН зависи от натоварването, дължината на пукнатината, нейната форма и от геометричните ѝ граници.

При първия тип приложеното натоварване отваря пукнатината.

Вторият тип натоварване отговаря на равнинно (надлъжно) срязване, при което единият бряг на пукнатината приплъзва спрямо другия.

Третият тип натоварване отговаря на напечно срязване.

Коефициентът на интензивност на напреженията при тип I пукнатина - K_I може да бъде изчислен по различни начини. За остри пукнатини е подходящо числено (по Метода на крайните елементи) [11] или аналитичното определяне (за ограничен брой конфигурации) [7]. В някои случаи единствено възможно е експериментално му определяне посредством тензомертичен метод, метод на фороеластичността, метод на корелациите и т.н.

Отдавна е позната възможността, посредством стойности от полето на преместване, да се из-

числява коефициента на интензивност на напреженията K_I [4]. Едни подходи се свеждат до решаване на определена система уравнения, а други до преопределена [9].

Експерименталното определяне на K_I е тривиална задача, ако изследователят може да бъде сигурен, че всичките измерени стойности от полето на преместване лежат в зоната на сингулярност, обхващаща върха на пукнатината. Този случай е рядко срещан и това се дължи на две противоречащи си ограничения. Първото е ограничението на големината на пробното тяло, което води до малка зона на сингулярност с неизвестна форма и размери. Второто ограничение е за разстоянието от върха на пукнатината, на което се извършва измерване на преместване поради наличие на зона с нелинейни процеси. Това ограничение е най-силно, когато се измерва преместване от повърхността на пробното тяло, тъй като измерените стойности трябва да са от точки, които са на разстояние поне половината от дебелината на плоско тяло, което гарантира, че преместването по повърхността е представително за преместването през дебелината [9].

Цел на тази статия е да представи приложението на метода на координатните мрежи [2,3] за експериментално определяне на коефициента на интензивност на напреженията - K_I за тип I пукнатина с краен радиус във върха при използване на стойности от полето на преместване и обобщения алгоритъм на Sanford [10] за изчисляване на K_I .

Показано е как точността на резултатите за K_1 се влияе от броя и положението на точките, в които е направено измерване на преместването.

2. ТЕОРЕТИЧНИ ЗАВИСИМОСТИ

2.1 Зависимости, представящи полето на преместване при равнинно напрегнато състояние в околността на върха на пукнатина

Barker [4] използва следните обобщени уравнения за пукнатина от тип I за определяне на коефициента на интензивност на напреженията K_1 посредством измерени стойности от полето на преместване при равнинно напрегнато състояние и използване на метода на преопределената система уравнения:

$$EU_x = \sum_{j=0}^{j=j} C_{2j} \frac{r^{j+\frac{1}{2}}}{j+\frac{1}{2}} \left[(1-\nu) \cos(j+\frac{1}{2})\theta - (1+\nu)(j+\frac{1}{2}) \sin\theta \sin(j-\frac{1}{2})\theta \right] + \sum_{j=0}^{j=j} C_{2j+1} \frac{r^{j+1}}{j+1} [2 \cos(j+1)\theta - (1+\nu)(j+1) \sin\theta \sin(j)\theta] \quad (1)$$

$$EU_y = \sum_{j=0}^{j=j} C_{2j} \frac{r^{j+\frac{1}{2}}}{j+\frac{1}{2}} \left[2 \sin(j+\frac{1}{2})\theta - (1+\nu)(j+\frac{1}{2}) \sin\theta \cos(j-\frac{1}{2})\theta \right] + \sum_{j=0}^{j=j} C_{2j+1} \frac{r^{j+1}}{j+1} [(1-\nu) \sin(j+1)\theta - (1+\nu)(j+1) \sin\theta \cos(j)\theta] \quad (2)$$

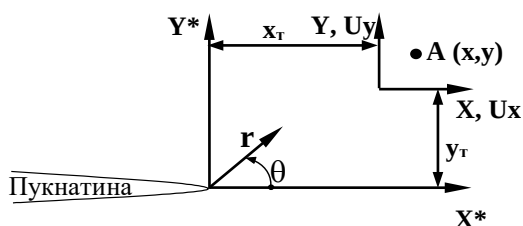
където

U_x е проекцията на преместването по направление на пукнатината (фиг.1);

U_y е проекцията на преместването в направление, което е перпендикулярно на пукнатината (фиг.1);

E - модул на еластичност;

ν - коефициент на Поасон;



фиг.1 Координатни системи – глобална (XY) и локална (декартова - X^*Y^* и полярна) с начало върха на пукнатината

За всяка точка с координати (r_i, θ_i) , в която е измерено преместването (фиг.1) може да се запише:

$$EU_{x_i} = S_{i1}(r_i, \theta_i)C_1, i = 1..N, l = 0..M \quad (3)$$

$$\text{и аналогично: } EU_{y_i} = S_{i1}(r_i, \theta_i)C_1 \quad (4)$$

или

$$EU_{y_i} = C_0 S_{i0} + C_1 S_{i1} + \dots, i = 1..N, l = 0..M \quad (5)$$

където:

C_l са неизвестни коефициенти на функциите на преместване;

$S_{il}(r_i, \theta_i)$ са известни функции на положението - (r_i, θ_i) , определени от (1) или (2) за точка с номер i от съвкупността N от точките, в които е измерено преместването - U_x или U_y ;

Коефициентът на интензивност на напреженията - K_1 ще се определи при $l = 0$ от C_0 като

$$K_1 = C_0 \sqrt{2\pi} \quad (6)$$

2.2 Формиране на преопределената система линейни уравнения за изчисляване на K_1

За дадена съвкупност от данни - (r_i, θ_i, U_{x_i}) или (r_i, θ_i, U_{y_i}) , получени от измерване, неизвестните коефициенти $C_l, l=0,1..M$ в (1) и (2) могат да бъдат изчислени посредством решаване на преопределена система уравнения. Тази система се съставя при условие, че броят на измерените стойности (r_i, θ_i, U_{x_i}) или (r_i, θ_i, U_{y_i}) , $i=1..N$ е по-голям от броя на неизвестните коефициенти - $C_l, l=1..M$ или $N>M$. За U_y - полето преопределената система уравнения, която е съставна по гореописания начин, има следния вид:

$$U_{y_1} = \frac{S_{01}(r_1, \theta_1)C_0 + S_{11}(r_1, \theta_1)C_1 + \dots + S_{M1}(r_1, \theta_1)C_M}{E}$$

$$U_{y_2} = \frac{S_{02}(r_2, \theta_2)C_0 + S_{12}(r_2, \theta_2)C_1 + \dots + S_{M2}(r_2, \theta_2)C_M}{E} \quad (7)$$

$$\vdots$$

$$U_{y_N} = \frac{S_{0N}(r_N, \theta_N)C_0 + S_{1N}(r_N, \theta_N)C_1 + \dots + S_{MN}(r_N, \theta_N)C_M}{E}$$

В матричен вид системата (7) се представя като:

$$[U_y] = [S][C] \quad (8)$$

където векторът на неизвесните коефициенти C_l ($l=0..M$) се получава от :

$$[C] = [S'S][S]^T [Uy] \quad (9)$$

Матрицата $[S'S]$ е симетрична и положително определена, поради което нейната обратна - $[S'S]^{-1}$ може да бъде изчислена.

Преопределената система уравнения се свежда до определена по метода на най-малките квадрати [4,6].

2.3 Проблемът с преместването на изследваното тяло като твърдо тяло

Когато се опитваме експериментално да намерим полето на преместване, изключително трудно е да елиминираме паразитното преместване на пробното тяло като твърдо тяло.

Като правило трансляциите на точките от повърхността на пробното тяло са едни и същи т.е. константа.

Ротациите на пробното тяло като цяло създават поле на преместване с константен градиент в зависимост от големината на ротацията и положението на центъра на ротация.

Поради наличието на едновременно преместване и завъртане на пробното тяло като твърдо тяло на преместване се модифицира.

Полето на преместване, което е експериментално определено и е резултат от модифициране може да бъде описано във всяка точка "i" ($i=1..N$) като [4]:

$$Ux_{i, \text{измерена стойност}} = Ux_{i, \text{теоретична стойност}} + \underbrace{T_{i,x} - Ry_i}_{T_{i,x}(\text{преместване и завъртане като твърдо тяло})} \quad (10)$$

$$Uy_{i, \text{измерена стойност}} = Uy_{i, \text{теоретична стойност}} + \underbrace{T_{i,y} + Rx_i}_{T_{i,y}(\text{преместване и завъртане като твърдо тяло})}$$

T_x и T_y изразяват преместването като твърдо тяло по направление на осите X и Y;

R - изразява твърдотелната ротация;

Следователно експериментално полученото поле на преместване е комбинация от полето при върха на пукнатината и полето на преместване и завъртане на пробното тяло като твърдо (10). В алгебричен вид тази комбинация за Uy-полето се изразява като:

$$Uy_{i, \text{измерена}} = Uy_{i, \text{теоретична}} + T_{i,y} \quad (11)$$

Тогава системата уравнения, която трябва да бъде решена, придобива вида:

$$[Uy] = [S'] [C'], \quad (12)$$

където:

$[S']$ - известни функции на положението на точките, в които е измерено преместването;

$[C']$ - матрица от неизвесните коефициенти, допълнена с коефициентите на твърдотелна трансляция и ротация;

Системата уравнения (12) е линейна и решението ѝ е аналогично на (8).

2.4 Числени експерименти за определяне на броя на коефициентите, участващи в развитието в ред на функцията на преместване

Трудно е предварително да се определи броят на коефициентите от развитието в ред на функцията на преместване, които да бъдат включени, за да бъде описано коректно полето на преместване в областта около върха на пукнатината, която е предмет на наблюдение и измерване. Установено е, че може да бъде използван един "fitting" параметър [4], с който да се направи сравнение на експериментално полученото поле на преместване с полето, изчислено чрез намерените коефициенти C_1 , заместени в системата уравнения (12). Този параметър се дефинира за дадена стъпка на нарастване на товара (сила F) като:

$$\Delta L = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |L_i - L'_i| \quad (13)$$

където:

N – брой на центровете на тежест, които участват при определяне на коефициентите;

L_i - измерената Uy компонента на преместването по направление на ос Y (фиг.1);

L'_i -изчислената Uy компонента на преместването по направление на ос Y;

За k на брой стъпки на товара се използва средната стойност на ΔL :

$$\overline{\Delta L} = \frac{\sum_{j=1}^k \Delta L_j}{k} \quad (14)$$

За да се определи броят на параметрите на полето на преместване (т.е. броят на S_{ij} в системата уравнения (12), необходими за да се моделира даденото (измереното) поле на преместване.

За начало полето се анализира като се използват само един член от реда, на който съответстват два коефициента C_0 и C_1 и след намиране на ΔL посредством (13) или (14) се увеличава броят на коефициентите с единица и процедурата се стартира отново.

Чрез следене на “fitting” параметъра ΔL е възможно да се оцени кога следващото повишение на порядъка в развитието на реда (т.е. на числото I от (5)) подобрява или влошава моделирането (т.е. дали ΔL намалява или се увеличава) или служи само за филтриране на слаби стойности на численото зашумяване.

2.5 Последователност за изчисляване на коефициента на интензивност на напреженията - K_I и програмна реализация

За експерименталното определяне на коефициента на интензивност на напреженията - K_I е избран методът на преопределената система уравнения, тъй като параметърът ΔL (12) дава количествена оценка на резултатите за K_I при използване на различен брой коефициенти от реда на преместване (1) или (2). Друго предимство на този подход е, че той осигурява статистическо осредняване на резултатите от много точки, в които е извършено измерване на напрежение, деформация или преместване [9]. Осредняването подобрява точността на K_I посредством намаляването на влиянието на случайни грешки в измерването на полярния радиус - R_i и полярния ъгъл - θ_i [9].

Използвани са резултати от разработена програмна система [3] с цел обработка на цифрови изображения, заснети по време на натоварване на равнинна област от деформируемо тяло с нанесена мрежа. Тя дава като резултат Excel файл, който съдържа координатите на центровете на тежест на обектите от мрежата, проекциите на тяхното преместване по направление на осите X -

U_x и Y - U_y (фиг.1) и координатите на върха на пукнатината.

За да се изчисли коефициентът на интензивност на напреженията - K_I е необходимо да се изчислят полярните радиуси и ъгли на центровете на тежест на обектите от мрежата спрямо локална координатна система с начало върха на пукнатината - X^*OY^* (фиг.1). Изчислението трябва да се направи за всички центове на тежест от анализираната област, които съответстват на деформирано състояние. За целта е необходимо да се трансформират координатите на центровете на тежест на обектите от мрежата, определени спрямо XOY с начало върха на пукнатината от началното изображения (недеформирано състояние) към X^*OY^* (фиг.1) с начало върха на пукнатината в текущото изображение (деформирано състояние).

Трансформацията на координатите от координатна система XOY към $X^*O^*Y^*$ се изразява посредством (фиг.1):

$$x^* = x_T + x \quad (15)$$

$$y^* = y_T + y$$

След трансформация на координатите, полярните радиуси R_i и полярните ъгли θ_i се определят от координатите на центровете на тежест на обектите от мрежата, изразени в локалната координатна система X^*Y^* като (фиг.1):

$$R_i = \sqrt{(x_i^*)^2 + (y_i^*)^2} \quad (16)$$

$$\theta_i = \arctg\left(\frac{y_i^*}{x_i^*}\right) \quad (17)$$

При изчислени полярни радиуси R_i и полярни ъгли θ_i може да се формира матрицата - $S_{ij}(r_i, \theta_i)$ от (8) при зададен от потребителя брой на коефициенти - I от използвания ред на преместване. След това матрицата $[S]$ се разширява с добавяне на колони с коефициенти със стойност 1, отчитащи твърдотелната трансляция по направление на ос Y и коефициенти - x_i , отчитащи твърдотелната ротация.

Така се съставя преопределена система уравнения (12), в която броят на неизвестните е с 2 по-голям от броя на неизвестните коефициенти, които моделират полето на преместване. Съответно броят - N на измерените дискретни стой-

ности от полето на преместване трябва да удовлетворява неравенството $N > M + 2$.

За решаване на определената система уравнения е избрана Гаусовата елиминация, тъй като този метод е директен.

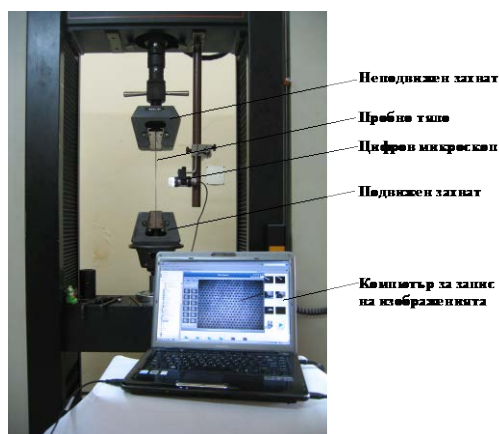
Намереният коефициент C_0 от решението на системата (12) определя стойността на коефициента на интензивност на напреженията – K_1 чрез (6).

За изчисляването на K_1 е написана програма за постпроцесинг. Програмата отваря и чете Excel-файл с координати (начални и текущи) на центровете на тежест на обектите (маркерите) на мрежата, стойности на преместването U_y и координатите на върха на пукнатината. След това програмата изчислява полярни радиуси R_i посредством (16), полярни ъгли θ_i посредством (17), формира система уравнения при зададен брой стойности от полето на преместване – N и при зададен брой неизвестни коефициенти – M от реда на преместването U_y (2) и я решава по отношение на C_1 ($l=0..M+2$). След това изчислява K_1 посредством (6) и fitting – параметъра ΔL посредством (14).

3. ЕКСПЕРИМЕНТ

3.1 Експериментална екипировка

Експерименталната екипировка е показана на фиг.2.



фиг.2 Експериментална екипировка

• Основните компоненти на експерименталната екипировка са:

• Електро-механична машина за изпитване на физико-механични свойства Instron-1185;

• USB DrDAQ - Data Logger - високоскоростно цифрово устройство за записване в реално време на аналогови данни;

• OptoNCDT - 1402 - лазерен сензор за регистриране на преместване. Обхват на измерване 0-50 [mm] с разделителна способност 0,6 [μm];

• AM413T Dino-Lite Pro - цифров микроскоп за запис на изображения на повърхността на плоско пробно тяло с нанесена мрежа по време на натоварване. Той е показан на фиг.3;



фиг.3 Микроскоп AM413T Dino-Lite Pro, използван за провеждане на експеримент по метода на координатните мрежи

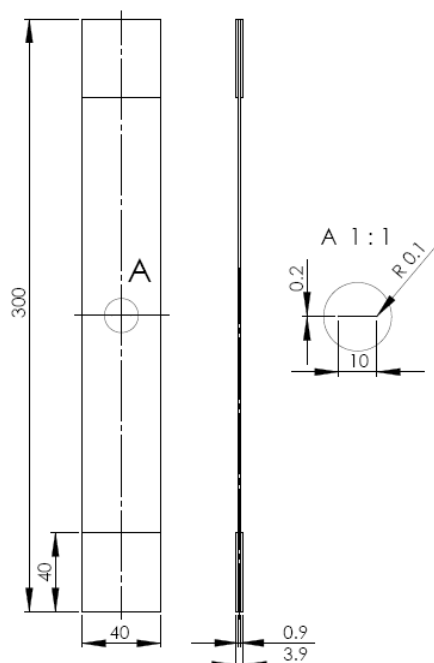
• Компютър

Използвани са два преносими компютъра, екипирани с USB 2.0. Първият записва изображенията, които се регистрират посредством микроскопа, а вторият записва в цифров формат зависимостите време - преместване и време – сила.

3.2 Пробно тяло

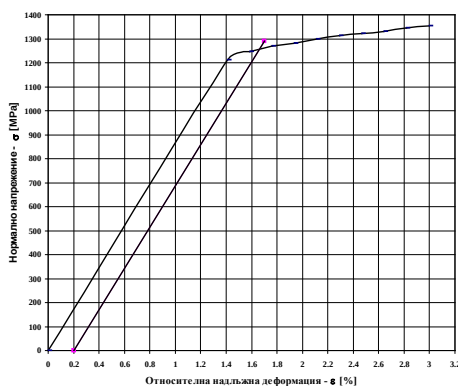
Пробното тяло е изработено от листов висковъглеродна инструментална стомана - C75S (EN 10051:2010) с дебелина 0.9 [mm] и ширина 40 [mm]. То има централен прорез, формиран посредством прогаряне с лазер. Ширината на прореза е 0.2 [mm], а дължината му е 10 [mm]. Прорезът се ориентира под прав ъгъл спрямо приложеното опъново натоварване. Геометрията на пробното тяло е показана на фиг.4.

Механични характеристики на стомана C75S: модул на еластичност $E=206$ [GPa], коефициент на Поасон $\nu = 0.28$.



фиг.4 Геометрия на пробното тяло с концентратор на напрежения

На фиг.5 е показана кривата на деформиране на материала (C75S).

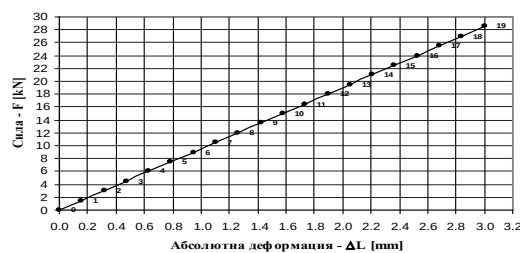


фиг.5 Крива на деформиране на стомана C75S (без концентратор на напрежения)

На фиг.6 е показана зависимостта сила (F) – абсолютна деформация (ΔL) на пробното тяло с

концентратор на напрежения. На всяка точка от графиката съответства изображение.

Заснети са 20 изображения до разрушаване, като първото (с номер 0) отговаря на недеформирано състояние.



фиг.6 Зависимост сила (F) - абсолютна деформация (ΔL) пробното тяло, изработено от стомана C75S с концентратор на напрежения

3.3 Определяне на модула на еластичност - E в зоната около върха на концентратора

При термично въздействие, какъвто е ефектът при прогаряне с лазер, механичните свойства на материала се променят. Това прави необходимо изследването на материалните характеристики в околността на върха на концентратора на напрежения.

За определянето на модула на еластичност в околността на върха на концентратора е използван е методът на наноидентация [1]

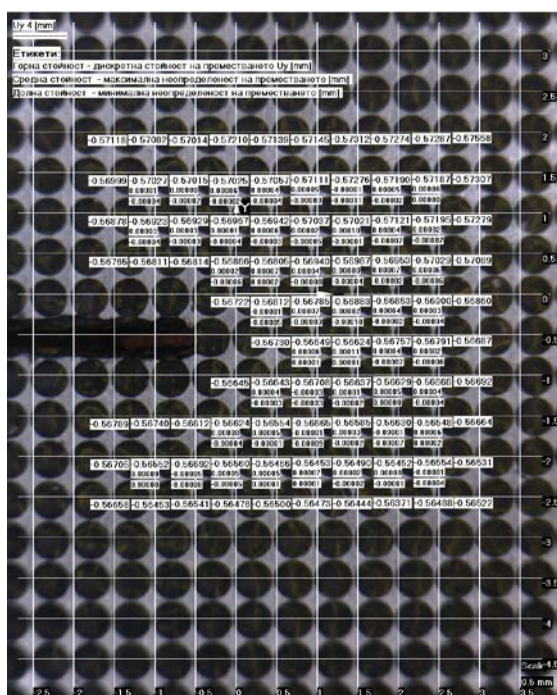
Средната стойност на модула на еластичност, получен от измерване в анализираната област е $E=208$ [GPa].

3.4 Определяне на коефициента на Поасон в зоната около върха на концентратора

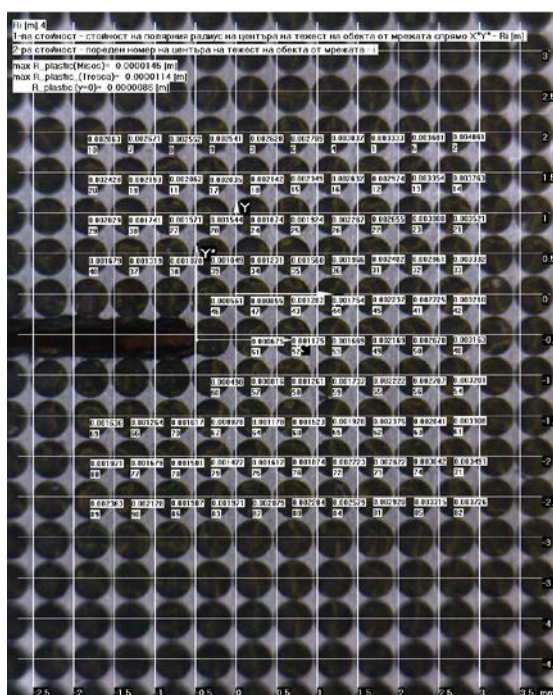
Приложен е алгоритъм за определяне на коефициента на Поасон при известен модул на еластичност посредством използване на ултразвуков метод [8]. Изчислената стойност на коефициента на Поасон е $\nu = 0.28$.

4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

Експериментално получените стойности от проекцията на полето на преместване U_y , които са използвани за определянето на K_I при сила $F=6$ [kN] са показани на фиг.7.



фиг.7 Дискретни стойности от проекцията на полето на преместване – U_y [mm] при сила $F=6$ [kN]



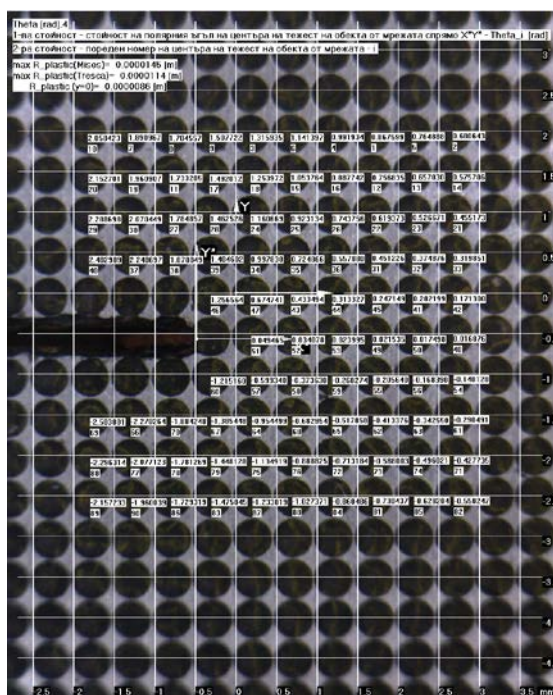
фиг.8 Полярни радиуси $R_{i,4}$ [m] при сила $F=6$ [kN]

На фиг.8 и фиг.9 са посочени резултати, получени от програмата за постпроцесинг с цел изчисляване на K_1 .

Етикетите от фигурите, чиито горен ляв ъгъл сочи център на тежест на обект от мрежата, съдържат полярен радиус – R [m] (фиг.8) или полярен ъгъл – θ [rad] (фиг.9). Под стойностите на полярните радиуси/ъгли с по-малък шрифт е посочен поредният номер на обект (маркер) от мрежата.

Тези резултати са посочени за всичките 90 обекта (маркери) на мрежата, които не напускат зрителното поле на обектива на микроскопа по време на процеса на натоварване до разрушаване на пробното тяло. Те могат да участват в изчисляването на K_1 при дадена стъпка на натоварването (стойност на силата F).

При провеждане на числения експеримент с цел уточняване на броя на коефициентите от реда (2), които най-добре моделират полето U_y участват стойности на проекцията на преместването – U_y , полярните радиуси – R_i и полярните ъгли – θ_i на избрани обекти от общо 90 на брой обекта от мрежата.



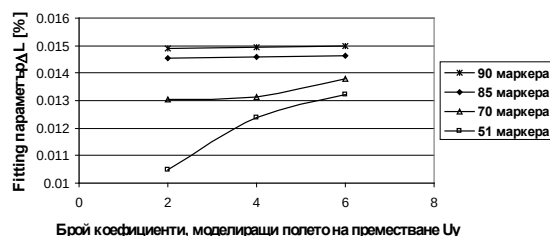
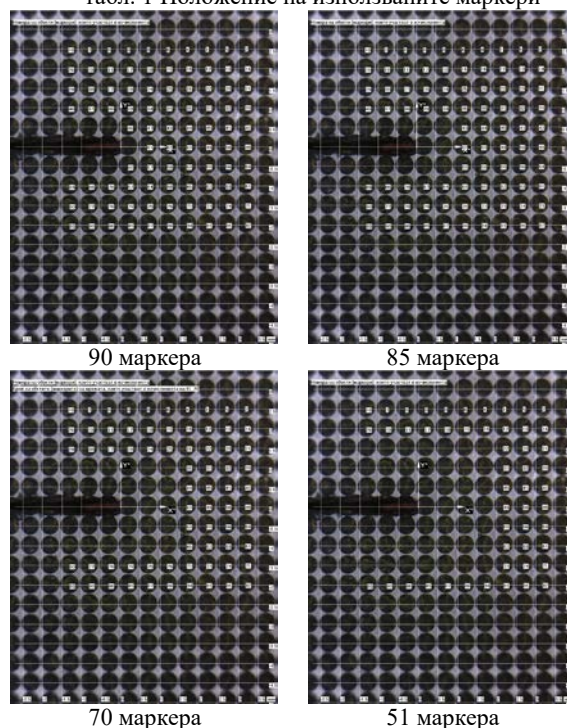
фиг.9 Полярни ъгли $\theta_{i,4}$ [rad] при сила $F=6$ [kN]

При стойност на силата $F=6$ [kN], която отговаря на точка 4 от фиг.6, стойностите на U_y , R_i и θ_i са посочени на фиг.7, фиг.8 и фиг.9.

Получени са резултати за fitting – параметъра ΔL при различен брой обекти (маркери) на мрежата и различен брой коефициенти от реда на U_y (2) посредством реализираната програма за пост-процесинг при модул на еластичност $E=208$ [GPa] и коефициент на Поасон $\nu=0.28$ (фиг.10).

Положението на използваните маркери е показано в таблица 1.

табл. 1 Положение на използваните маркери



фиг.10 Зависимост на fitting параметъра ΔL от броя на коефициентите, които са запазени в моделирането на полето U_y

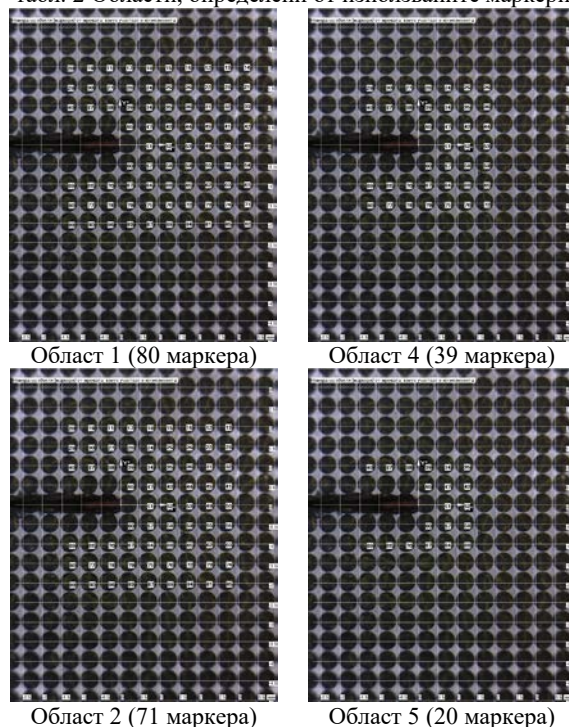
От фиг.10 могат да бъдат направени следните заключения:

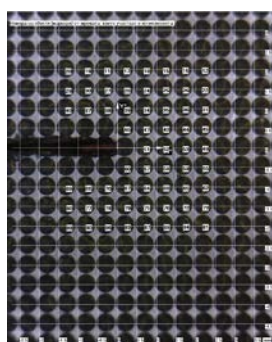
- Броят на коефициентите, които най-добре моделират полето U_y е два (C_0 и C_1) при различен брой маркери на мрежата;
- Намалването на броя на маркерите, които участват в изчисленията, намалява стойността на fitting параметъра ΔL ;

Получени са резултати за fitting – параметъра ΔL при различен брой маркери на мрежата и запазени два коефициента (C_0 и C_1) от реда на U_y (2) при модул на еластичност $E=208$ [GPa] и коефициент на Поасон $\nu=0.28$. Резултатите са показани на фиг.11. Областите, съдържащи използваните маркери, са показани в таблица 2.

Направени са поредица от изчисления за да се определи минималният необходим брой маркери (обекти) на мрежата, които дават значими резултати (положителни и нарастващи стойности) за K_1 . Численият експеримент показва, че 12 маркера са необходимият минимален брой за получаване на значими резултати за K_1 .

табл. 2 Области, определени от използваните маркери

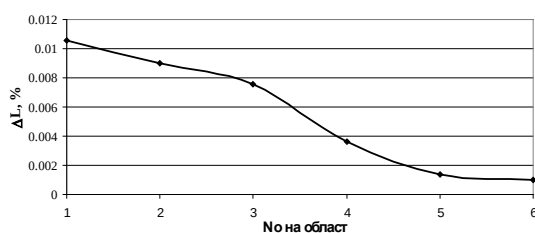




Област 3 (62 маркера)



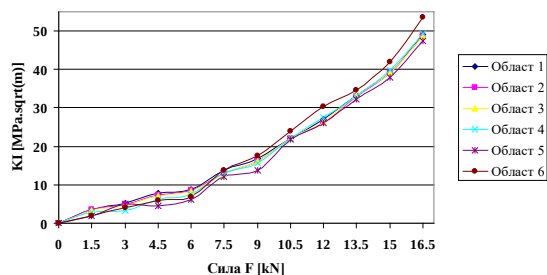
Област 6 (12 маркера)



фиг.11 Зависимост на fitting параметъра ΔL от избора на област при запазени два коефициента (C_0 и C_1) в развитието в ред на U_y

От фиг.11 може да се направи заключението, че област 6, съдържаща от 12 маркера моделира най-добре полето U_y при запазени 2 коефициента (C_0 и C_1) от реда (2).

На фиг.12 е показана за зависимостта на K_I от приложената сила F .



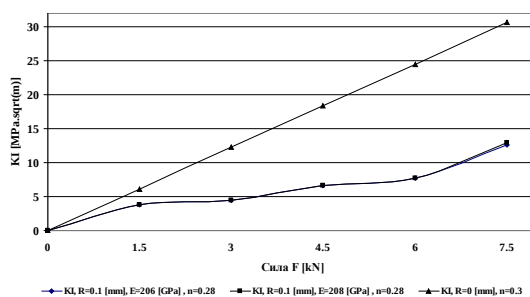
фиг.12 Изменение на коефициента на интензивност на напреженията K_I в зависимост от силата F при използване маркерите, които се съдържат в областите, посочени в таблица 2 ($E=208$ [GPa], $\nu=0.28$)

От фиг.12 може да се направи изводът, че K_I се изменя линейно в зависимост от приложената сила до стойност $F=6$ [kN]. След тази стойност на

силата зависимостта $K_I=K_I(F)$ става нелинейна. Вероятно този ефект се определя от изгъняването, на част от анализирания област от пробното тяло, локализирана в близката околност на върха на прореза.

На фиг.13 е показано изменението на средните стойности на коефициента на интензивност на напреженията K_I в зависимост от силата F , до която изменението на K_I се подчинява на линеен закон при използване на маркерите, съдържащи се в областите, посочени в таблица 2 при:

- $E=208$ [GPa], $\nu=0.28$, $R=0.1$ [mm], определени по две различни експериментални методики, посочени в 3.3. и 3.4;
- $E=206$ [GPa] $\nu=0.28$, $R=0.1$ [mm];
- остра пукнатина ($R=0$) – аналитично решение, $\nu=0.3$ [7];



фиг.13 Изменение на средните стойности на коефициента на интензивност на напреженията K_I в зависимост от силата F при използване на маркерите, съдържащи се в областите, посочени в таблица 2 при $E=208$ [GPa], $\nu=0.28$, $R=0.1$ [mm], при $E=206$ [GPa] $\nu=0.28$, $R=0.1$ [mm] и за остра пукнатина ($R=0$, $\nu=0.3$)

От фиг.13 могат да се направят следните заключения:

- Стойността на K_I при остра пукнатина ($R=0$), определена аналитично [7] е около 2.5 пъти по-голяма от средната стойност на K_I при $R=0.1$ [mm], получена по разработената методика. Тази разлика се дължи на сравняването на резултати, получени при различен радиус на прореза ($R=0$ и $R=0.1$ [mm]) и вероятно на различните коефициенти на Поасон ($\nu=0.3$ и $\nu=0.28$).

- Експериментално получените резултати за K_I при $E=206$ [GPa] и $E=208$ [GPa] са идентични.

5.ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящата работа е представена хибридна теоретично-експериментална методика за определяне на коефициента на интензивност на напреженията K_I при върха на прорез с краен радиус като се използва съществено комбинация от метода на координатните мрежи и подхода на преопределената система уравнения. За решаването на тази задача е разработена оригинална програма за обработка на цифрови изображения, заснети по време на процеса на деформиране на област от плоско пробно тяло с нанесена мрежа от маркери.

Разработена е и програма за постпроцесинг на получените експериментални данни за полето на преместване с използването на подхода на преопределената система уравнения.

Сравнението на получените стойности на K_I по предложената комбинирана методика с аналитично получените резултати, показва удовлетворително отношение.

Благодарности

Авторът изказва благодарност за съдействието при реализацията на този труд на проф.В.Кавърджиков (БАН, ИМЕМ) и доц.В.Диков (ТУ-София, МЕНК).

Литература

1.Йорданов М., Чобанов П., Гергова Д., Чернева С., Структура и механични свойства на електролизно отложени слоеве от ZrO_2 върху стомана 316L, Нацио-

нално научно техническо дружество по ТММ, година VI, книга 2, 2011, ISSN 1312-8612, с.51-54.

2.Тодорова Г., Определяне на полетата на преместване посредством автоматизиран метод на координатните мрежи, ТУ - София, Българско списание за инженерно проектиране, 2015, брой 26, с.107-115.

3.Тодорова Г., Програмна система за обработка на цифрови изображения за получаване на полето на полето на равнинно преместване, ТУ - София, Българско списание за инженерно проектиране, 2015, брой 27, с.31-38.

4.Barker D.B., Sanford R.J., Chona R., Determining K and Related Stress-Field Parameters from Displacement Fields, Experimental Mechanics, v.25, 1985, p.399-406.

5.Broek D., Elementary engineering fracture mechanics, Springer,1986

6.Cheney E.W., Kincaid D. R., Numerical Mathematics and Computing, ISBN-13: 978-0534201128

7.Murakami Y.,1990, Stress intensity factors handbook-I, The Society of Materials Science, Japan.

8.Попов Ал., Non-Destructive evaluation of mechanical properties of steels, Monograph "MASHIN DESIGN", University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, may 18th 2007, 47th anniversary of the faculty, p.461-468.

9.Shukla A., Dally J., Experimental Solid Mechanics, 2014, ISBN 978-1-935673-19-4.

10.Stanford, R.J., Application of the Least-Squares Method to Photoelastic Analysis, Experimental Mechanics, 1980,vol.20, issue 6, p.192-197.

12.Todorova G., Dikov V., Reliability of the FEM calculations of the fracture mechanics parameters, RECENT, Vol. 10, no. 3(27), 2009, p.425-430.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE STRESS INTENSITY FACTOR K_I

Galina TODOROVA

Department of strength of materials, Technical University-Sofia, Bulgaria

e-mail: gtodor@tu-sofia.bg

Abstract: The coordinated grid method is applied for experimental evaluation of stress intensity factor K_I of blunt crack under plane stress. The algorithm for calculation and experimental results are presented.

Keywords: grid method, stress intensity factor K_I , plane stress

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИМ ИЗЛУЧАТЕЛЕМ В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ

Александр ЛЕЙКО¹ Александр НИЖНИК¹ Наталия БОГДАНОВА²

¹Государственное предприятие «Киевский научно-исследовательский институт гидроприборов»
- Киев, Украина.

e-mail: alex.nyzhnyk@gmail.com

²кафедра "Акустики и акустоэлектроники", НТУУ «КПІ» - Киев, Украина
e-mail: n_bogdanova@ukr.net

Резюме: Методом связанных полей в многосвязных областях получено строгое решение задачи излучения звука плоской системой цилиндрических пьезокерамических преобразователей и отдельными преобразователями в составе системы. Установлено, что причиной возникновения особенностей в электромеханическом преобразовании энергии излучателями в составе системы является нарушение радиальной симметрии радиационной нагрузки, вследствие чего возникают дополнительные моды колебаний и эффективное перераспределение между всеми модами энергии, «закачиваемой» в излучатели системы на нулевой моде. Определены закономерности количественных изменений проявления установленных особенностей от характеристик системы и частотного диапазона её работы.

Ключови думи: электромеханическое преобразование, пьезокерамический излучатель, система излучателей.

1. ВВЕДЕНИЕ

Излучение звука системами колеблющихся электромеханических устройств связано как с преобразованием электрической энергии в механическую, так и с формированием последней в виде акустической энергии в окружающем пространстве. Преобразование электрической энергии в акустическую осуществляется в электромеханических устройствах в результате взаимодействия трех физических полей – электрического, механического и акустического [1, 2]. При формировании акустической энергии в пространстве существенную роль играют реакция окружающей среды на возбуждение в ней акустического поля и взаимодействие излучателей системы между собой вследствие многократного обмена отраженными волнами [4]. Перечисленные эффекты могут существенно отразиться как на энергетической эффективности рассматриваемых излучающих систем, так и на условиях согласования электромеханических устройств системы с возбуждающими их источниками электрических сигналов. При этом математическая сложность описания происходящих в системах излучения процессов

обусловила их моделирование лишь для отдельных излучающих тел [1, 6].

Целью работы является определение закономерностей преобразования электрической энергии в механическую цилиндрическим пьезокерамическим излучателем при работе его в составе плоской системы, образованной из конечного числа таких излучателей, с учетом всех перечисленных видов взаимодействия.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассмотрим задачу об излучении звука системой, состоящей из конечного числа M бесконечно длинных круговых цилиндрических излучателей, продольные оси которых параллельны и лежат в одной плоскости на расстоянии l друг от друга. Каждый излучатель со средним радиусом r_{os} и толщиной стенки h_s образован из пьезокерамических сегментов – призм, имеет окружную поляризацию и возбуждается на нулевой моде колебаний электрическим напряжением $\Psi^{(s)} = \psi_0^{(s)} e^{-i\omega t}$, где $\omega = 2\pi f$ – круговая частота возбуждения.

Внутренняя полость излучателей заполнена упругой средой с плотностью ρ_s и скоростью звука c_s . Система излучателей располагается в идеальной сжимаемой среде с волновым

сопротивлением ρ_s . Нормальное сечение системы излучателей и введенные для решения задачи прямоугольные и связанные с ними круговые

цилиндрические системы координат изображены на рис. 1.

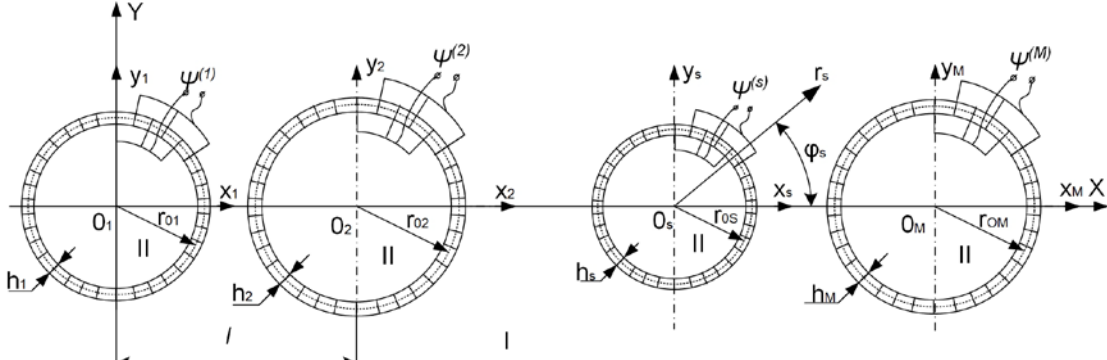


рис.2 Система излучателей и их координатные системы

В математическом плане решение рассматриваемой задачи сводится к совместному решению системы дифференциальных уравнений:

- уравнения Гельмгольца, описывающего движение упругих сред внутри и вне каждого s-го излучателя системы:

$$\Delta^2 \Phi^{(s)} + k_s^2 \Phi^{(s)} = 0 \quad (1)$$

- уравнений движения тонкой оболочки с окружной поляризацией s-го излучателя решетки в перемещениях:

$$\left\{ \begin{aligned} (1 + \beta^{(s)}) \frac{d^2 U^{(s)}}{d\varphi_s^2} + \frac{dW^{(s)}}{d\varphi_s} - \beta^{(s)} \frac{d^3 W^{(s)}}{d\varphi_s^3} = \\ = \alpha^{(s)} \gamma^{(s)} \frac{d^2 U^{(s)}}{dt^2}, \\ \frac{d^2 U^{(s)}}{d\varphi_s} + \beta^{(s)} \left(\frac{d^3 U^{(s)}}{d\varphi_s^3} - \frac{d^4 W^{(s)}}{d\varphi_s^4} \right) - W^{(s)} + \\ + \frac{e_{33}^{(s)} r_{os}}{C_{33}^{E(s)}} E_{\varphi}^{(0)s} + \frac{\alpha^{(s)} q_r^{(s)}}{h_s} = \alpha^{(s)} \gamma^{(s)} \frac{d^2 W^{(s)}}{dt^2}; \end{aligned} \right. \quad (2)$$

- уравнений вынужденной электростатики для пьезокерамики s-го излучателя:

$$\vec{E}^{(s)} = -\text{grad}(\psi^{(s)}), \text{div}(\vec{D}^{(s)}) = 0; \quad (3)$$

Здесь Δ - оператор Лапласа; $\Phi^{(s)}$ - потенциал колебательной скорости s-го излучателя; k и k_s - волновые числа внешней и внутренней сред s-го излучателя; $U^{(s)}$ и $W^{(s)}$ - окружная и нормальная составляющие вектора

смещений точек срединной поверхности s-го излучателя;

$$\beta^{(s)} = h_s^2 / 12 r_{os}^2 (1 + e_{33}^{(s)2} / (C_{33}^{E(s)} \epsilon_{33}^{S(s)}));$$

$\alpha^{(s)} = r_{os}^2 / C_{33}^{E(s)}$; $q_r^{(s)}$ - внешняя радиационная нагрузка s-го излучателя; $C_{33}^{E(s)}$, $\epsilon_{33}^{S(s)}$, $e_{33}^{(s)}$ - модули упругости при нулевой электрической напряженности, диэлектрическая проницаемость при нулевой деформации и пьезоконстанта s-го излучателя соответственно; $\vec{E}^{(s)}$, $\vec{D}^{(s)}$ - векторы напряженности и индукции электрического поля s-го излучателя.

3. ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ

С учетом того, что акустическое поле формируется каждым излучателем системы в двух областях - внутренней $\Phi_2^{(s)}$ и внешней $\Phi_1^{(s)}$ с границами $0 \leq |\varphi_s| \leq \pi$; $0 \leq r_{2s} = r_{os} - h_s / 2$ и $0 \leq |\varphi_s| \leq \pi$; $r_s \geq r_{1s} = r_{os} + h_s / 2$ соответственно, кинематические и динамические условия сопряжения акустических полей на границах раздела областей для $s=1, \dots, M$ приобретают вид:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dW^{(s)}}{dt} &= -\frac{d\Phi_1^{(s)}}{dr_s}, 0 \leq |\varphi_s| \leq \pi, r_{os} = r_{1s}; \\ \frac{dW^{(s)}}{dt} &= -\frac{d\Phi_2^{(s)}}{dr_s}, 0 \leq |\varphi_s| \leq \pi, r_{os} = r_{2s}; \\ \sigma_r^{(s)} &= -q_r^{(s)} = -(P_1 - P_2^{(s)}), 0 \leq |\varphi_s| \leq \pi. \end{aligned} \right. \quad (4)$$

где Φ_1 – полное поле излучения системы, выраженное в координатах s -го излучателя; $\sigma_r^{(s)}$ – нормальная составляющая тензора механических напряжений в пьезокерамике s -го излучателя; $P_1 = \rho(d\Phi_1/dt)$ и $P_2^{(s)} = \rho_s(d\Phi_2^{(s)}/dt)$ – радиационные нагрузки от динамического давления.

Электрические граничные условия (3) при динамическом деформировании цилиндрических излучателей электрическим напряжением $\Psi^{(s)}$ принимают вид [2]:

$$E_\varphi^{(0)s} = -\frac{N^{(s)}\psi_0^{(s)}}{2\pi r_{os}}; D_r^{(s)} = 0; D_z^{(s)} = 0; \quad (5)$$

$$D_\varphi^{(s)} = \varepsilon_{33}^{(s)} E_\varphi^{(s)} + \frac{e_{33}^{(s)}}{r_{os}} \left(\frac{dU^{(s)}}{d\varphi_s} + W^{(s)} \right), s = 1, \dots, M,$$

где $D_r^{(s)}$, $D_z^{(s)}$ и $D_\varphi^{(s)}$ – составляющие вектора электрической индукции вдоль радиуса, продольной оси и окружности s -го излучателя соответственно; $N^{(s)}$ – число призм, из которых склеивается пьезокерамическая оболочка s -го излучателя.

Перечисленные механические и электрические условия дополняются условиями излучения на бесконечности и отсутствием особенностей во внутренних областях каждого из излучателей системы.

4. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Решение сформулированной задачи будем искать методом связанных полей в многосвязных областях. Для этого представим механические и акустические поля следующими разложениями:

$$U^{(s)} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} U_n^{(s)} e^{in\varphi_s}; W^{(s)} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} W_n^{(s)} e^{in\varphi_s};$$

$$\Phi_1 = \sum_{s=1}^M \Phi_1^{(s)};$$

$$\Phi_1^{(s)}(r_s, \varphi_s) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} A_n^{(s)} H_n^{(1)}(kr_s) e^{in\varphi_s};$$

$$\Phi_2^{(s)}(r_s, \varphi_s) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} B_n^{(s)} J_n(k_s r_s) e^{in\varphi_s} \quad s = 1, \dots, M. \quad (6)$$

В соотношениях (6) использованы традиционные обозначения цилиндрических функций. Входящие в них неизвестные

коэффициенты $U_n^{(s)}$, $W_n^{(s)}$, $A_n^{(s)}$ и $B_n^{(s)}$ определяются из граничных условий (4), (5) задачи. Необходимый для этого перенос систем координат осуществляется на основании теорем сложения для цилиндрических волновых функций [3]:

$$H_m^{(1)}(kr_q) e^{in\varphi_q} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(kr_s) \cdot H_{m-n}^{(1)}(kr_{qs}) e^{i(m-n)\varphi_{qs}} e^{in\varphi_s}; \quad (7)$$

где r_{qs} и φ_{qs} – полярные координаты начала координатной системы O_s в координатах q -й системы.

Алгебраизация функциональных уравнений (1) – (5) с использованием соотношений (6) и (7) и свойств полноты и ортогональности систем угловых функций позволяет получить для определения неизвестных коэффициентов разложений (6) бесконечную систему линейных алгебраических уравнений вида:

$$ic_s W_n^{(s)} - B_n^{(s)} J_n'(k_s r_{2s}) = 0;$$

$$A_n^{(s)} + \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq s}}^M \sum_{m=-\infty}^{\infty} A_m^{(s)} \frac{J_m(k_s r_{1s})}{H_n^{(1)}(k_s r_{1s})} H_{n-m}^{(1)}(kr_{sq}) \cdot e^{i(n-m)\varphi_{sq}} - \frac{ic_s W_n^{(s)}}{H_n^{(1)}(kr_{1s})} = 0;$$

$$R_n^{(s)} B_n^{(s)} J_n'(k_s r_{2s}) \frac{2\pi}{ic_s} +$$

$$+ \frac{i\omega\alpha^{(s)}\rho}{h^{(s)}} [A_n^{(s)} H_n^{(1)}(kr_{1s}) 2\pi +$$

$$+ 2\pi \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq s}}^M \sum_{m=-\infty}^{\infty} A_m^{(s)} J_m(kr_{1s}) H_{n-m}^{(1)}(kr_{sq}) e^{i(n-m)\varphi_{sq}}] +$$

$$+ \frac{i\omega\alpha^{(s)}\rho_2}{h^{(s)}} B_n^{(s)} J_n(k_s r_{2s}) 2\pi = \frac{N^{(s)} e_{33}^{(s)} \psi_0^{(s)}}{2\pi C_{33}^{(s)}} Q_m^{(s)};$$

$$s = 1, \dots, M; n = -\infty, \infty;$$

где

$$R_n^{(s)} = \frac{(\beta^{(s)} n^2 + n)^2}{((1 + \beta^{(s)}) n^2 - \omega\alpha^{(s)} \gamma^{(s)})} -$$

$$- (1 + \beta^{(s)} n^4 - \omega\alpha^{(s)} \gamma^{(s)});$$

$$Q_m^{(s)} = \int_0^{2\pi} e^{-im\varphi_s} d\varphi_s = \begin{cases} 2\pi & \text{при } m = 0; \\ 0 & \text{при } m \neq 0. \end{cases}$$

а штрих означает производную от функции.

Замена $A_n^{(s)}$ и $B_n^{(s)}$ новыми неизвестными $\tilde{A}_n^{(s)}$ и $\tilde{B}_n^{(s)}$ по формулам $\tilde{A}_n^{(s)} = A_n^{(s)} H_n^{(1)}(kr_{1s})$ и $\tilde{B}_n^{(s)} = B_n^{(s)} J_n'(kr_{1s})$ позволяет преобразовать бесконечную систему (8) к виду квазирегулярной и применить для ее решения метод усечения или метод последовательных приближений.

5. АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

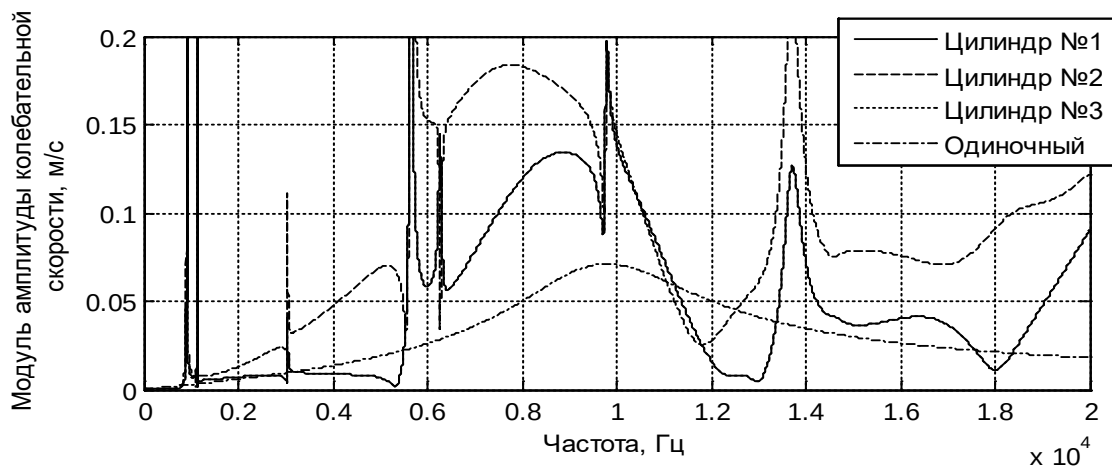
На основе полученных соотношений были изучены особенности электромеханического преобразования энергии вакуумированными цилиндрическими пьезокерамическими излучателями, из которых образована плоская трехэлементная система.

Расчеты выполнялись для следующих значений параметров излучателей и системы: пьезокерамика ЦТБС-3 с параметрами: плотность $\rho_k = 7200 \text{ кг/м}^3$, пьезокоэффициент $e_{33} = 38,896 \text{ Кл/м}^2$, модуль упругости $C_{33}^E = 13,6 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2$; для всех s : $N=48$; $\psi_0^{(s)}=200 \text{ В}$; $r_o=0,068 \text{ м}$; $h = 0,008 \text{ м}$; $(\rho_2 c_2)/(\rho c)=0$; $M=3$;

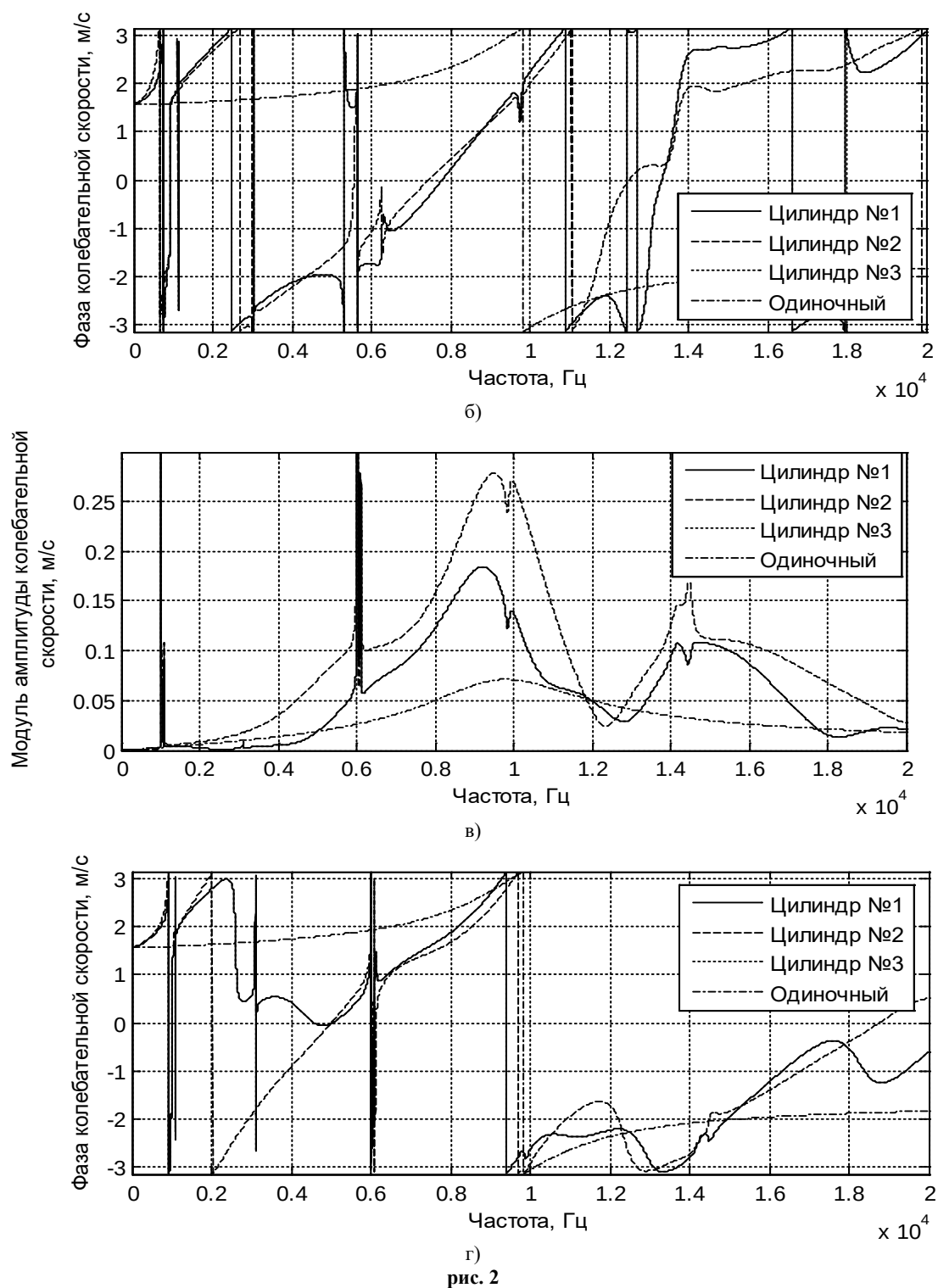
$l=0,147 \text{ м}$, $0,2 \text{ м}$; частота f изменялась от 0 Гц до 20 кГц ; $\rho=10^3 \text{ кг/м}^3$; $c=1500 \text{ м/с}$.

На рис. 2 приведены частотные зависимости амплитуд (а, в) и фаз (б, г) радиальной колебательной скорости точек ($r_s=r_{1s}$; $\varphi_s=90^\circ$) излучателей системы при разных расстояниях l между их продольными осями: $l=0,147 \text{ м}$ (а, в); $l=0,2 \text{ м}$ (б, г). Кривая «Одиночный» соответствует таким же характеристикам одиночного излучателя при работе его вне системы излучателей.

Сопоставление и анализ приведенных кривых свидетельствуют о существенном влиянии условий работы излучателей в системе на эффективность преобразования ими электрической энергии в механическую. Особенности этого преобразования при прочих равных условиях являются их зависимости от места расположения излучателей в системе и от расстояния между ними. Именно эти два фактора определяют количественно влияние взаимодействия излучателей со средой и между собой благодаря многократному обмену отраженными волнами в системе на механические поля излучателей.



а)



Для выяснения причин описанного поведения излучающей системы в процессе преобразования энергии обратимся к рис. 3, на котором представлены частотные зависимости амплитуд радиальных скоростей первых шести мод колебаний точек с координатами ($r_s=r_{1s}$;

$\varphi_s=90^\circ$) вакуумированных излучателей с номерами $s=1$ (а) и $s=2$ (б) в трехэлементной системе при $l=0,147$ м. Кривая «Одиночный» соответствует колебательной скорости единственной нулевой моды колебаний излучателя при работе его вне системы.

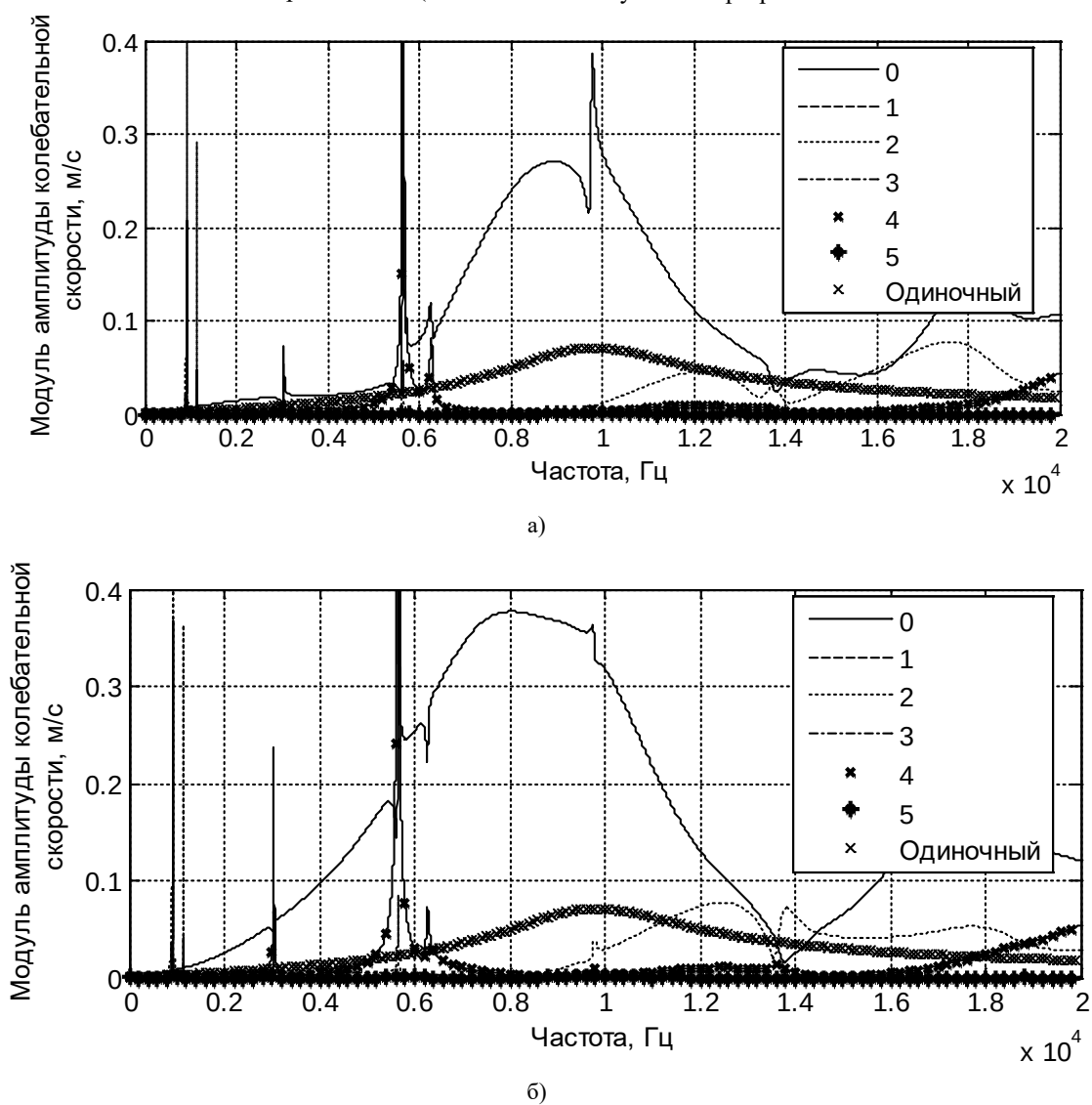


рис. 3

Из физических соображений ясно, что при работе одиночного излучателя радиационная нагрузка на него со стороны среды является

радиально симметричной и при выбранном способе электрического нагружения в нем возбуждается только одна собственная форма

колебаний и имеет место один резонанс излучателя. Работа излучателей в системе приводит к нарушению радиальной симметрии радиационной нагрузки излучателей. В количественном отношении величина этих нарушений будет зависеть и от места расположения излучателя в плоской системе, и от величины расстояния между элементами системы. В излучателях с нарушенной симметрией, как видно из графиков на рис.3, появляются последующие моды колебаний, сравнимые по амплитуде с нулевой модой. Это означает, что при этом происходит эффективное перераспределение энергии, «закачиваемой» в каждый излучатель системы на нулевой моде, между последующими формами колебаний.

С практической точки зрения описанные особенности электромеханического преобразования энергии имеют как положительные, так и отрицательные проявления. К положительным следует отнести то, что указанные особенности существенно расширяют и обогащают спектр резонансных частот рассматриваемых излучателей. Особенно важно такое обогащение для области низких частот. К отрицательным проявлениям относятся снижение эффективности излучения системы в областях основного резонанса излучателей (рис. 2, а, в) и возможная многократная смена характера полного механического импеданса пьезокерамических оболочек излучателей с упругого на инерционный и обратно (рис. 2, б, г), что существенно усложняет процесс согласования входных электрических характеристик системы излучения с входными характеристиками питающего их генераторного устройства.

6. ВЫВОДЫ

Получены аналитические соотношения, позволяющие определить количественные характеристики электрических, механических и акустических полей излучателей в плоских системах с учетом всех видов взаимодействия полей в процессе преобразования энергии и формирования её в окружающем пространстве. Установлены особенности

электромеханического преобразования энергии цилиндрическими пьезокерамическими излучателями в составе плоских систем. К факторам, вызывающим количественные изменения этих особенностей, относятся:

- место расположения излучателей в системе;
- расстояние между излучателями в системе;
- частотный диапазон работы системы.

Выявлены интересные для практики проявления установленных особенностей электромеханического преобразования энергии. К ним относятся:

- расширение и обогащение спектра собственных частот излучающей системы;
- снижение энергетической эффективности системы в области основного резонанса ее излучателей;
- ухудшение условий согласования излучателей системы с питающими их генераторами.

Литература

1. **Гринченко В.Т., Вовк И.В., Мацыпура В.Т.** Волновые задачи акустики. – К.: Интерсервис, 2013. – 572 с.
2. **Гринченко В.Т., Улитко А.Ф., Шульга Н.А.** Механика связанных полей в элементах конструкций. Т.5. Электроупругость. – Киев: Наук. думка, 1989. – 280 с.
3. **Иванов Е.А.** Дифракция электромагнитных волн на двух телах. – Минск: Наука и техника, 1968. – 584 с.
4. **Лейко А.Г., Шамарин Ю.Е., Ткаченко В.П.** Подводная электроакустическая аппаратура и устройства. Т.1. Подводные акустические антенны. Методы расчета звуковых полей. – Киев, 2000. – 320 с.
5. **Савин В.Г., Дидусенко Ю.А.** Уравнения движения тонкостенных цилиндрических пьезокерамических преобразователей с окружной поляризацией// КОНСОНАНС–2011. Акустический симпозиум. – 2011. – С. 230–235.
6. **Tetsuro O., Aronov B., Brown D. A.** Broadband multimode baffled piezoelectric cylindrical shell transducers // JASA – 2007. – vol. 121, №6. – p. 3465-3471.

ELECTROMECHANICAL ENERGY CONVERSION FEATURES OF CYLINDRICAL PIEZOCERAMIC EMITTERS IN EMITTER SYSTEM

Oleksandr LEIKO¹, Oleksandr NYZHNYK¹, NATALIA Bogdanova²

¹ State Enterprise Kiyv Scientific Research Institute of Hydrodevices - Kiyv, Ukraine.
e-mail: alex.nyzhnyk@gmail.com

²Acoustic and Acoustoelectronics department, NTUU «KPI», - Kiyv, Ukraine
e-mail: n_bogdanova@ukr.net

Abstract: Using related fields method in multiply connected areas obtained an accurate solution of the problem of sound radiation by flat system, which consist of cylindrical piezoceramic transducers and the individual transducer in the system. Established that the cause of the characteristics of the electromechanical conversion of energy emitters in the system is a violation of the radial symmetry of the radiation exposure, causing additional vibration modes and efficient redistribution among all modes of energy "pumped" into the system at zero mode. The dependencies of quantitative changes, which displays obtained features on the characteristics of the system and its operation frequency range was determined.

Keywords: electro-mechanical transformation, piezoelectric transducer, a system of emitters

OVERVIEW OF THE PRINCIPLES OF 3D MODELING SYSTEMS

Andrijana BOCEVSKA¹ Todor NESHKOV²

¹Department „Intelligent Systems”, Faculty of Information and Communication Technologies – Bitola, R. Macedonia
e-mail: andrijana.bocevska@fikt.edu.mk

²Department „Automatization of discrete production”, Technical University – Sofia, Bulgaria
e-mail: tresh@tu-sofia.bg

Abstract: Geometric modeling is developing a mathematical development of an object called “model”. This model may be shown in two dimensional (2D) or in three dimensional (3D). Depending on the application, a 2D model may completely satisfy the need, but the ideal form of model representation is the 3D model. It is the base of many CAD /CAM applications such as kinematical analysis of mechanical systems and finite element analysis, NC, CNC programming etc. The geometric modeling plays a major role in full integration and automation of CAD/CAM systems. This paper describes the principles of 3D modeling systems in order of their evolutionary history, including the main advantages and disadvantages of each system. Also solid modeling technique is classified due to its popularity and wide adoption in today’s CAD/CAE systems.

Keywords: wireframe, surface, solid modeling.

1. INTRODUCTION

Geometric modeling is a general term applied to three-dimensional computer-aided design technique. Can be defined as computer compatible mathematical description of the geometry of the object which can be displayed as the image on the monitor of the computer by means of CAD software. Geometric modeling is used to: visualize, analyze, document and produce a product or process. According to definition geometric models are computational (symbol) structures that capture the spatial aspects of the objects of interest for an application.

Designer can create geometric models by using CAD software in three steps:

- *Creation of basic geometric objects:* the designer creates basic geometric elements by using commands like points, lines, and circles.
- *Transformations of the elements:* the designer uses commands like achieve scaling, rotation and other related transformations of the geometric elements.
- *Creation of the geometric model:* the designer uses various commands to form the desired shape.

There are two categories of information for defining geometric object, fig.1:

- *Geometric information* – coordinates and dimensions of the object and its components.
- *Topological information* – the relations between components of the object.

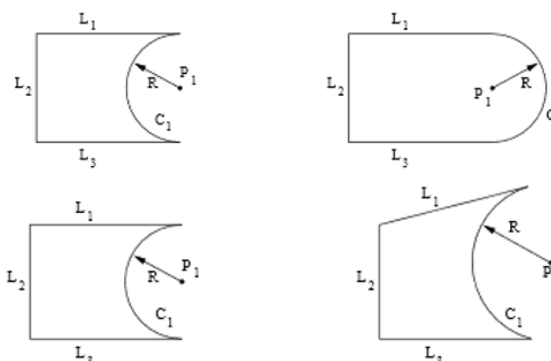


fig.1 Same geometry but different topology and same topology but different geometry

The basic geometric modeling approaches used in today’s CAD/CAM systems are:

- 1) Wireframe,
- 2) Surface and
- 3) Solid modeling.

2. WIREFRAME MODELING

Represent one of the first simplest thus the fastest techniques in the term of processing speed, introduced in the beginning of the 1960s. *Wireframes*, are the simplest 3D geometric representation. In this approach each vertex is defined by x, y, z coordinate, edges by a pair of vertices and faces as three or more edges. This representation is natural for a designer who is familiar with mechanical drawings because it is the lines and curves in a drawing which define 3D space. Wireframes are not complete and surface geometries are not present which may be important for later manufacturing processing and other analyses. They have certain advantages as:

- Can quickly and efficiently convey information than multiview drawings,
- Lines are the intersection of surface,
- Can be used for finite element analysis and as input for CNC machines to generate simple parts,
- Contain information to create surface, solid and higher order models.

Also they have a number disadvantages such as:

- Volume and mass characteristics cannot be specified,
- Not suitable for designing shapes and specifying more complex surface,
- Not ideal for CAM/CAE tasks,
- Representation is ambiguous.

3. SURFACE MODELING

Developed due to the limitations of wireframe modeling, CAD systems were developed *surface models*, further to include bounding surfaces of the object, as well as the edges of objects. Surface entities such as planar, cylindrical, conical and spherical faces can be represented using analytical equations [4]. It enriches the object description by attaching mathematical description of object's surface. In this way, a surface models provide a more complete description of the object in comparison with wireframe models, which enables to design and analyze complex free-formed surface as well as geometry needed for mold and die design.

Main advantages are:

- Hiding lines not seen thus eliminating ambiguity present in wireframe models,
- Surface models play an important role in industry, because they give an accurate description of the surface of an object which, can be used to guide manufacturing applications,
- Support volume and mass calculation, finite element modeling, NC path generation, cross sectioning and interference detection,
- Surface properties such as roughness, color and reflectivity can be displayed,
- Models support shading, making model more realistic, thus yielding better visualization.

Such disadvantages can be listed:

- Surface model does not contain topological information, and can therefore be ambiguous when determining the volume of an object,
- Depending on the number of surfaces, computation can be complicated.

4. SOLID MODELING

Solid modeling was introduced in the beginning of the 1970s. Unlike wireframes and surface representations which contain only geometrical data, the solid model uses topological information in addition to the geometrical information which enables complete, valid and unambiguous description of physical objects. Solid models support calculation of weight or volume, moments of inertia, stress analysis, dynamic analysis as well as heat conduction calculations. Can be implemented for CNC codes generation and robotic and assembly simulation. A single object can be represented with different solid modeling technique so that interpretation of such representation gives exactly the same physical object.

Advantages of solid modeling:

- Has all advantages of surface models plus volumetric information,
- 3D model can be used to generate 2D standard drawings, assembly drawing and exploded views,
- Solid model results in accurate design and can be used in computer integrated manufacturing (CIM), computer aided manufacturing (CAM) and design for

manufacturability and assembly (DFM, DFA).

Disadvantages of solid modeling:

- More intensive computation than wireframe and surface modeling,
- Processing is the most expensive in comparison to other modeling techniques but with today computers the cost of it is not excessively high any more.

Two basic techniques are used to represent solids in the computer database: Constructive Solid Geometry (CSG) and Boundary Representation (B-Rep), fig.2.

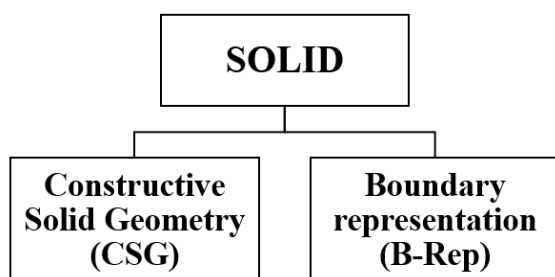


fig.2 Basic technique to represent solids: Constructive Solid Geometry and Boundary representation (B-rep)

Constructive Solid Geometry (CSG), (fig.3a) represent an effective way to construct a solid model by a collection of primitives, such as cuboid, cylinder, cone and sphere and a set of transformations and Boolean operations. The primitives as well as the results of Boolean operations (union, difference and intersection) can be modified by geometric transformations like translation, rotation and scaling. The final shape of a component is described and maintained internally by a tree structure of simpler shapes of primitives. CSG method has certain advantage and disadvantage. It is relatively easy to construct a topologically correct and precise solid model from the primitives. Also is compact in its storage requirements, but slow at producing images. Due to the limited number of primitives, CSG models are unable to represent objects with complex surfaces.

Boundary representation (B-Rep), (fig.3b) method represents a solid as a collection of boundary surfaces. A B-Rep solid is represented as a volume contained in a set of faces together with topological information i.e. vertices, edges, faces,

shells and geometric information i.e. points, curves, surfaces. Boundary representation can be divided in three classes:

- Facetted – a solid is bounded by planar surfaces. Points, planes and planar polygons are implicitly represented by their vertex points,
- Elementary – surfaces are planar, quadric and toroidal,
- Advanced – surfaces includes also spline surfaces (B-Spline, Bezier, NURBS, etc.)

Boundary representation method gives more freedom in building complex models, but the validity of the models could be destroyed in the process. Also it requires a large memory space which is their disadvantage.

4.1 Feature based modeling

Geometric modeling techniques such as constructive geometry (CSG) and boundary representation (B - rep) are widely used in solid CAD systems. Consequently, it can be difficult to integrate CAD with any other higher level process planning. In effort to overcome this shortcoming, enhance the productivity of designers and achieving better CAD/CAPP integration, feature technology has been introduced.

For creating a geometrical components this technique uses predefined combinations of functionalities. Features are created as model-building primitives, which are related to reference systems or to existing solid geometry. This type of modeling uses associative design methods to create pockets, holes, ribs, slots, etc., whereby the referencing and geometrical characteristics can be controlled by associated rules and attributes. The creation of geometrical components is performed by interlinked sequences of functions, which include the definition of the feature type, the selection of reference elements, the input of required dimensions and the composition of the desired geometry models. Feature can also include additional information for organizational, manufacturing or distribution processes and support the derivation of data and information for subsequent engineering processes.

Feature based modeling also allow designers to define their own sets of features. Thus the set of features needed to design castings is different from those used for machined parts.

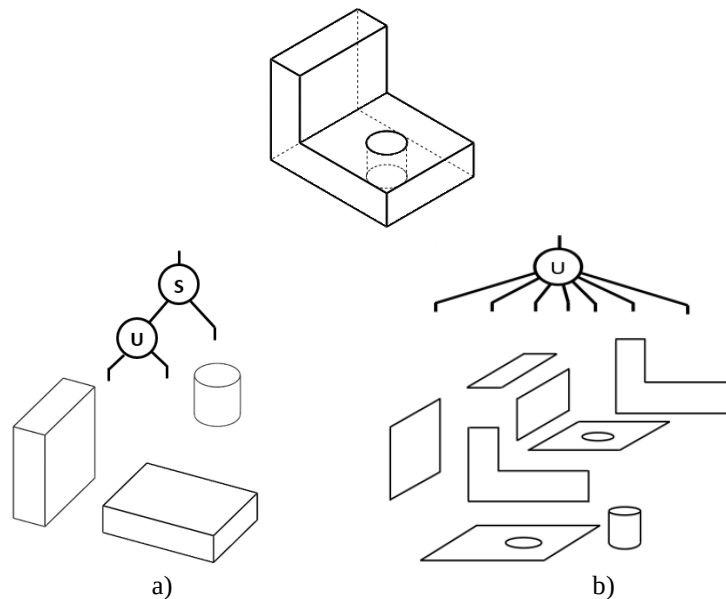


fig.3 Constructive Solid Geometry method (a) and Boundary representation (B-rep) method (b)

4.2 Parametric modeling

Parametric modeling can be split into dimension driven modeling and constraint based modeling, (fig.4). Parametric modeling means that parameters of the model may be modified to change the geometry of the model. A simple example of a parameter is dimension. When a dimension during the design is changed, the geometry of the part is updated. Thus the parameter drives the geometry. Parametric models can be used for adaptive design such as families of parts or optimizations well as tolerance analysis, (fig.5).

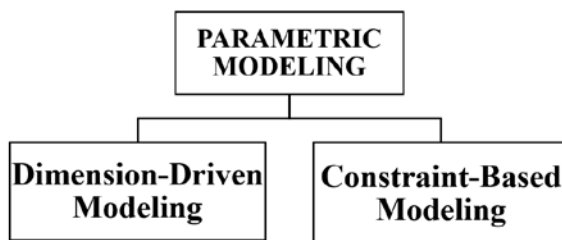


fig.4 Types of parametric modeling

Another feature of parametric modeling is that parameters can reference other parameters through constraints. Modeling constraints can be classified as

four types: ground, dimensional, geometric and algebraic, [3].

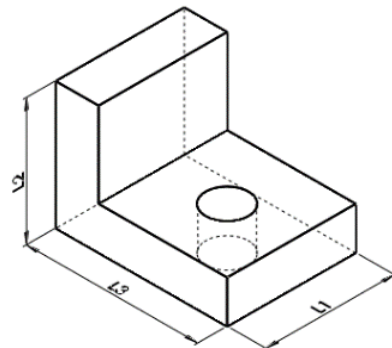


fig.5 Parametric model with dimension equation

Ground constraints provide reference between part and the global coordinate system. Dimensional constraints provide numerical values for basic geometric entities. A geometric constraint imposes relationships between geometric entities such as tangency, collinearity, parallelism, perpendicularity, coincidence of points, symmetry, etc. and algebraic constraints impose restrictions on design dimensions in the form of mathematical equations. Algebraic constraints may be equalities, inequalities or

conditional statements. The power of this approach is that when the dimension is modified, all linked dimensions are updated according to specified mathematical relation, instead of having to update all related dimensions individually.

5. CONCLUSION

This paper gives an overview of the principles of 3D modeling systems in order of their evolutionary history, including the main advantages and disadvantages of each system. The emphasis is on solid modeling technique which enables complete, valid and unambiguous description of physical objects and due to its popularity and wide adoption in today's CAD/CAE systems. The steps by which designer can create geometric models by using CAD software and categories of information are also mentioned, since geometric model has central importance for product lifecycle based on

specification and requirements from result of initial design steps and for further steps in product development like FEA, simulation, mockups, production planning, manufacturing, etc.

References

1. **Hagen H., Roller D.** Geometric Modeling: Methods and Applications. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1991. ISBN-13:978-3-642-76406-6.
2. **Kamrani A. K., Nasr E. A.** Engineering Design and Rapid Prototyping. Springer, 2010. ISBN 978-0-387-95862-0.
3. **Mantyla M., Shah J.** Parametric and Feature Based CAD/CAM: Concepts, Techniques and Applications. John Wiley & Sons, 1995
4. **Zeid I.** CAD/CAM: Theory and practice. New York, NY: McGraw-Hill, 1991.
5. **Zhou Z., Xie S., Chen D.** Fundamentals of Digital Manufacturing Science, Springer, 2012. ISBN 978-0-85729-563-7.

НАСОКИ ЗА ПОВИШАВАНЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТТА НА ТОВАРНИЯ АВТОМОБИЛЕН ТРАНСПОРТ ПРИ ИЗВЪРШВАНЕТО НА ПРЕВОЗИ В МЕЖДУНАРОДНО СЪОБЩЕНИЕ

Камен ЛУКАНОВ

катедра „Логистика“, УНСС - София, България
e-mail: kamenlukanov@unwe.bg

Резюме: През последните години световната икономика се развива в условия на непрекъснати глобализационни и интеграционни процеси. Развитието на международните пазари и осъществяването на икономическите връзки между отделните държави наложи изграждането на сложен комплекс от взаимоотношения, които се характеризират с постоянно засилваща се конкуренция между различните фирми и организации. Товарният автомобилен транспорт е неизменна част от съвременните тенденции – той е призван да осигурява непрекъснатостта на икономическите процеси и оказва пряко влияние върху конкурентоспособността на всяка една икономика. Това налага непрекъснато да се полагат усилия за повишаване на неговата конкурентоспособност при извършването на превози в международно съобщение. В настоящата статия са разгледани най-важните характерни особености на международните товарни автомобилни превози, очертано е тяхното значение за икономическите процеси и са разкрити насоки за повишаване на тяхната конкурентоспособност.

Ключови думи: товарен автомобилен транспорт, международни товарни автомобилни превози, конкурентоспособност, конкурентоспособност на международните товарни автомобилни превози

1. РОЛЯ НА ТРАНСПОРТА ЗА СЪВРЕМЕННАТА ИКОНОМИКА

Транспортът играе ключова роля за развитието на всяко модерно общество. Основна негова задача е осъществяване на стопанските връзки както между различните райони и отрасли на отделно взетата страна, така също и между различните държави в световен мащаб. Той е основно средство за икономическо развитие и се явява задължително условие за осъществяване и задълбочаване на глобализационните процеси. Този развой на събитията се характеризира с непрекъснатото интегриране на нови пазари в световната икономика, което доведе и до значително увеличение на търговския стокообмен. Също така, настъпилата глобална икономическа криза наложи изменения в методите на производство, които от една страна преминаха от масово производство на стандартизирани продукти към производство на дребно-партидни продукти за крайно потребление, имащи по-висока стойност, и от друга – станаха по-гъвкави и адаптивни спрямо количеството и качеството на продуктите [8]. Непрекъснатият стремеж за намаляване на разходите доведе до преместване на икономически дейности и промишлени производства в различни части на света. Това рефлектира в

промяна на потребителските обичаи и практики, и съответно наложи промени и в организацията на системите за дистрибуция на товарите.

Глобализацията е неотменна тенденция в развитието на пазарните отношения между отделните страни и е резултат от ефективността в областта на транспорта. Усъвършенстването на ефективността обаче е сериозно предизвикателство, което все още не е напълно преодоляно [5]. То е свързано преди всичко с повишаване конкурентоспособността на транспорта, намиращо израз в намаляване на общите разходи за транспорт, реализиране на икономии от време за извършване на транспортните услуги и повишаване надеждността, сигурността и безопасността на превозите.

2. СЪЩНОСТ И ЗНАЧЕНИЕ НА ТОВАРНИТЕ АВТОМОБИЛНИ ПРЕВОЗИ

Транспортната дейност е свързана с много тесни и изключително многобройни връзки с всички останали отрасли. Тя свързва сферата на производството със сферата на потреблението, обвързвайки в единно цяло както отделните отрасли на националното стопанство, така и отделните райони на страните и държавите [4]. Без наличието на развита транспортна система,

националната и световна икономика не биха могли да съществуват в съвременния си вид.

Товарният автомобилен транспорт е неразделна част от националната транспортна система и от цялата икономическа дейност на страната, осигурявайки нормално функциониране на всички отрасли. Той играе изключително важна роля за развитие конкурентоспособността на националната икономика и за усъвършенстване на почти всички бизнес процеси, което е от съществено значение и за външнотърговските връзки на страната. Без участието на автомобилния транспорт не би било възможно съществуването на днешните международни икономически и търговски връзки. Понастоящем, товарният автомобилен транспорт се очертава като най-динамично развиващият се вид транспорт – той е основен вид транспорт в България и е предпочитан пред железопътния транспорт (който е основен негов конкурент при сухопътните превози), обслужвайки значителен дял от вътрешните и международни товаропотоци. Доказателство за това са представените данни в долната таблица [13].

табл.1 Превозени товари и извършена работа от автомобилния и железопътния транспорт за периода 2010-2014г.

Видове транспорт	2010	2011	2012	2013	2014
Превозени товари – хил. тона					
Автомобилен,	130 013	135 276	140 376	160 267	153 262
в т.ч.:					
а) вътрешен транспорт	117 270	120 653	121 357	137 457	132 984
б) международен транспорт	12 743	14 623	19 019	22 810	20 278
Железопътен,	12 940	14 152	12 470	13 539	13 691
в т.ч.:					
а) вътрешни превози	9 252	10 016	8 953	10 152	10 361
б) международни превози	3 688	4 136	3 516	3 387	3 330
Извършена работа – млн. тонкм					
Автомобилен,	19 454	21 212	24 387	27 237	27 922
в т.ч.:					
а) вътрешен транспорт	6 119	6 516	6 299	7 192	6 826
б) международен транспорт	13 334	14 696	18 089	20 045	21 096
Железопътен,	3 064	3 291	2 908	3 246	3 439
в т.ч.:					
а) вътрешни превози	2 100	2 237	2 011	2 376	2 557
б) международни превози	964	1 054	896	870	882

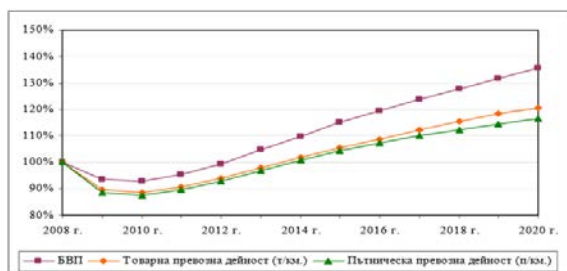
Данните в таблицата разкриват сериозното превъзходство на товарния автомобилен транспорт в сравнение с железопътния транспорт. Това се дължи основно на присъщите на товарния ав-

томобилен транспорт качествени характеристики и технико-икономически особености (които по своето същество представляват конкурентните качества на този вид транспорт), които го предопределиха като предпочитан вид транспорт от много и различни товародатели, които разчитат изцяло на него за: своевременно разпространение на произвежданите от тях стоки в национален и международен аспект; осигуряване на материалите и суровините за промишлените предприятия и превозването на готовата продукция до потребителите; ритмично и своевременно снабдяване на търговската мрежа със стоки за задоволяване на всекидневните потребности на населението и др.

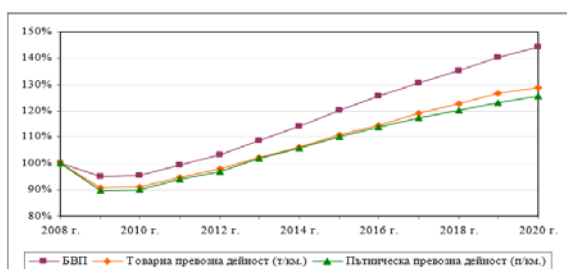
Можем да направим обобщението, че ролята на товарния автомобилен транспорт, участвайки в единната транспортна система е да съдейства за социално-икономическото развитие на страната като осигурява ефикасен (с максимални ползи), ефективен (с минимални разходи) и устойчив (с минимални външни влияния) транспорт, като подпомага балансираното регионално развитие и отчитайки кръстопътното положение на България, и нейният транзитен потенциал да ускори интегрирането ѝ в европейските и международни структури [10]. Това обаче е немислимо да бъде постигнато без наличието на високо конкурентен товарен автомобилен транспорт, гарантиращ устойчивост на икономиката както в национален, така и в международен аспект.

Цялата тази сложност и многообразие на взаимоотношенията между товарния автомобилен транспорт и националната икономика налага тяхното внимателно и взаимоотноствено изучаване с цел извеждане на насоки за неговото бъдещо развитие. Съществен принос в това отношение има разработената от дирекция „Национална транспортна политика“ към Министерство на транспорта, информационните технологии и съобщенията (МТИТС) „Стратегия за развитие на транспортната система на Република България до 2020г.“ Въз основа на прогнозите за ръста на БВП на България в периода 2010-2020г. и при проследяване на тенденциите за развитие на товарния и пътническия транспорт, заключението е, че се очаква нарастване на извършената работа, съответно в тонкилометри и пътничкилометри, спрямо възприетата за базова 2008г. Разработени

са два прогнозни сценария за нарастване на извършената работа [11]. Първият е вариант „Стабилен растеж“ и представлява базов сценарий за транспортната ситуация, опиращ се на прогнозите за нарастване на БВП за периода 2009-2010г. и до 2020г. на Агенцията за анализи и прогнози. Вторият сценарий е наречен условно „Висок растеж“ и предполага по-скорошно излизане на страната от рецесията и се опира на прогнози на неправителствения Център за икономическо развитие. Очаква се и успешно реализиране в срок на големите инфраструктурни проекти в областта на транспорта. Също така са взети предвид и допусканията на световните финансови институции за по-висок растеж в периода 2015-2019г. Прогнозираното развитие на показателите е показано на следващите графики [7].



фиг.1 Очакван ръст на товарната и пътническа превозна дейност за периода 2009-2020г. (сценарий „Стабилен растеж“)



фиг.2 Очакван ръст на товарната и пътническа превозна дейност за периода 2009-2020г. (сценарий „Висок растеж“)

И в двата сценария е спазена една от основните препоръки на европейската транспортна политика – развитие на транспортната дейност, с темпове по-ниски от темповете на нарастване на БВП. Запазва се тенденцията за превес на автомобилния транспорт по отношение на пре-

возените товари, както в международно, така и във вътрешно съобщение, което е устойчива тенденция и не се очаква в скоро време тя да претърпи сериозни изменения. Това е базирано на прогнозите, че железопътният транспорт има добри перспективи по отношение на международния и предимно на транзитния трафик, а морският и речният транспорт остават с относително по-ниски възможности, основно в областта на международните превози. Счита се, че решаваща промяна в преразпределението по видове транспорт и намаляване дела на автомобилния може да бъде постигната само чрез ускорено развитие на интермодалния транспорт.

Превесът на автомобилния транспорт се дължи до голяма степен на неговите предимства в сравнение с останалите видове транспорт, най-важните от които са следните [12]:

- притежава висока достъпност, маневреност и гъвкавост в сравнение с останалите видове транспорт, позволявайки извършване на доставките „от врата до врата“;
- предоставя възможност за комбиниране с всички останали видове транспорт;
- осигурява относително висока скорост на доставките, особено при превозите на къси разстояния. В това отношение автомобилният транспорт отстъпва само на въздушния, чиито предимства могат да се реализират само на сравнително дълги разстояния;
- съществува многовариантност по отношение на маршрутите и схемите на доставка;
- разходите за начално-крайни операции са много по-ниски в сравнение с железопътния и особено с водния транспорт;
- при превозите на дребно-партидни товари използването на автомобилен транспорт е ефективно и на по-дълги разстояния. Това се дължи на обстоятелството, че при дребно-партидните товари товароспособността на автомобилите се усвоява по-добре, в сравнение с тази на вагоните и особено на корабите;
- автомобилните превозни средства бързо и лесно се нагаждат към изискванията и условията за превози. В зависимост от вида, свойствата и партидността на товарите, разстоянието на превоза и състоянието на пътищата, може да се подбере и най-подходящият тип автомобил за извършване на всеки конкретен превоз. Освен

това при големи партии сравнително бързо и лесно могат да се концентрират необходимите автомобили за тяхното превозване.

Въпреки изтъкнатите безспорни предимства, автомобилният транспорт има и недостатъци, най-съществените от които са следните:

- сравнително голяма зависимост от пътните и климатичните условия;
- изразходва големи количества течни горива. Това определя неговата висока енергоемкост от една страна, и ниска екологичност – от друга;
- сравнително ниска производителност на труда, поради малката товароспособност на подвижния състав;
- висока себестойност на товарните превози, особено на дълги разстояния;
- притежава по-малка превозна способност, а следователно и по-ограничени способности да извършва масови превози в сравнение с железопътния, морския, речния и тръбопроводния транспорт.

Безспорно икономическата роля на автомобилния транспорт е най-важна и се изразява в осъществяване на икономическите връзки между отделните отрасли на икономиката и различните райони и предприятия на страната. Това е и задължително условие за изграждането и на регионалните пазари и за осъществяването на съвременните икономическите връзки между различните държави, както в ЕС, така и извън него.

Автомобилният транспорт изпълнява и социална роля, която се състои в задоволяване нуждите на населението от необходимите стоки и услуги, както и осигуряване на заетост на голям процент от трудовите ресурси. От устойчивото развитие на товарния автомобилен транспорт до голяма степен зависи и усъвършенстването на общественото разделение на труда, както и за ограничаване на икономическата и социална изолация на по-малките и изолирани административно-териториални единици, които в повечето случаи са със занижена икономическа активност. От гледна точка на заетостта, автомобилният транспорт има определени специфики, свързани със задължителната квалификация на работещите в него и ненормираното работно време за голяма част от заетите в него. Заетостта в сектора е и пряко свързана с конюнктурата на пазара на

труда, но като цяло това определя значителната социална роля на сектора, понеже той осигурява работа на голям процент от трудоспособното население на страната.

3. ЗНАЧЕНИЕ НА ТОВАРНИЯТ АВТОМОБИЛЕН ТРАНСПОРТ ЗА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТТА НА ИКОНОМИКАТА ПРИ ИЗВЪРШВАНЕ НА ПРЕВОЗИ В МЕЖДУНАРОДНО СЪОБЩЕНИЕ

Благоприятното географско положение на България дава значително предимство от геостратегически аспект за свързване на Западна и Централна Европа с Близкия Изток, Западна и Централна Азия, както и със северната и южна част на Европа [9]. Развитието на транспортните връзки със съседните страни на България ще доведе до положителни възможности за допълнителни транспортни маршрути и осигуряване на важни товаропотоци, чрез които ще бъде оптимизиран транзитният транспортен трафик, който е източник на доходи за страната. Товарният автомобилен транспорт е един от важните фактори, които в значителна степен допринасят за териториалната интеграция на България чрез своята развита система от бизнес взаимоотношения и мащабна дейност по превозването на значителен обем товари. Участвайки активно в разпределянето на производствените мощности и снабдяването на отделните производства с необходимите суровини и материали, подсектора задоволява нуждите предимно на европейските пазари. Република България е външна граница на ЕС и се явява връзка с централна Азия, Близкия Изток, Средния Изток, Далечния Изток и страните от Черноморския басейн. През територията на страната преминават пет Общоевропейски коридори – IV, VII, VIII, IX и X, което от своя страна е предпоставка за допълнителни изисквания към качеството на инфраструктурата и темповете на развитие на транспортната мрежа на България, така че да бъде оползотворено в максимална степен това благоприятно геостратегическо предимство. Фокусът е насочен върху взаимната зависимост и равнопоставеност между различните видове транспорт и намиране на точния баланс между тях, с цел повишаване на ефективността и

конкурентоспособността, при това с внимание към изискванията за опазване на околната среда.

Товарният автомобилен транспорт е ключов фактор при подобряване конкурентоспособността на икономиката на страната, като оказва съществено влияние върху развитието на външната търговия чрез своите своевременни доставки до клиентите. Това оказва стимулиращо въздействие върху националната икономика, която се стреми да произвежда по-конкурентна продукция за реализация както на вътрешния, така и на международните пазари. През последните години външната търговия на България е ориентирана главно към пазарите на европейските страни, където конкуренцията е изострена, а същевременно значителен обем европейски стоки с високо качество се внасят за реализация на българския пазар.

Възприето е нивото на националната икономиката да се определя от икономическите измерители брутен вътрешен продукт (БВП) и брутна добавена стойност (БДС), които са разгледани в таблицата по-долу [14].

табл.2 Брутна добавена стойност и брутен вътрешен продукт за периода 2010-2014г.

Показател	Години				
	2010	2011	2012	2013	2014
БДС, млн. лв.	63 985	69 966	70 375	70 576	72 608
БВП, млн. лв.	73 780	80 100	81 544	81 971	83 612

От таблицата е видно увеличение и на двата показателя за целия разглеждан период от 2010 до 2014г., като увеличението е съответно 13,5% за брутната добавена стойност и 13,3% за брутния вътрешен продукт. За същия период брутния вътрешен продукт на глава от населението е нараснал от 5000 евро за 2010 г. до 5900 евро за 2014г. [15]. Съпоставяйки тези резултати със средните за ЕС и отчитайки влиянието през периода на настъпилата икономическа криза, можем да кажем, че данните са по-скоро оптимистични.

Върху положителният ръст на посочените икономически показатели безспорно влияние оказва и товарния автомобилен транспорт, допринасяйки за положителното и устойчиво развитие на икономиката и нейната конкурентоспособност спрямо останалите държави, предимно от ЕС. Положителното развитие на външно-търговския обмен е тенденция със значителна

роля за икономиката през последните години и въпреки спадовете, повлияни от настъпилата икономическата криза, се счита, че външно-търговския баланс се очертава да бъде относително стабилен и в граници, благоприятни за бизнес климата в страната.

Потенциалът на товарния автомобилен транспорт за подпомагане конкурентоспособността на икономиката е значителен. Конкурентоспособността може да бъде определена като сложна и многоаспектна икономическа категория, която се изразява в способността за постигане на по-добри резултати в сравнение с конкурентите [2]. Тя е неизбежно, но същевременно и положително явление на пазарната икономика, и се явява мощен стимул за намаляване на цените и повишаване качеството на транспортните услуги. Отделните видове транспорт, независимо от стремежа за постигане на икономическа ефективност от приложението на всеки един от тях в целесъобразната му сфера, при изпълнението на превозите в голяма степен се конкурират помежду си и създават взаимозаменяема продукция. Това с особена сила важи за двата основни вида сухопътен транспорт – автомобилният и железопътният, между които конкуренцията е най-силно изразена. От своя страна конкуренцията е в основата на иновациите и предприемаческите решения, довела до създаването и развитието на съвременните автомобилни композиции, притежаващи висока ефективност и надеждност, и на високоскоростната железница, предлагаща ново качество на транспортните услуги. Именно конкуренцията между тях е в основата на тенденцията в последните няколко десетилетия за намаляване обема на превозите по железница и увеличаване дела на автомобилния транспорт [3]. Тази промяна донякъде бе предизвикана и от липсата на точни прогнози по отношение на бъдещата конкуренция. Като основни двигатели на тази промяна се считат внедряваните съвременни информационни технологии в автомобилния транспорт, както и повишените изисквания към трудовите ресурси по отношение на качеството на предлаганата услуга. Върху конкурентоспособността на товарния автомобилен транспорт влияят и голям брой други фактори, като времетраене на превоза, продължителност на начално-крайните операции, време на изчакване,

спазване на разписанията, безопасност и сигурност, минимален размер на пратката или условия на превоза и много други. Много от тези фактори оказват решаващо значение за потребителя при избор на този вид транспорт. Независимо от това, усилията на превозвачите и спедиторите в съвременните условия е добре да бъдат ориентирани към максимална координация на дейностите по отношение съчетаване конкурентните предимства на автомобилния с останалите видове транспорт.

Важен показател за състоянието и конкурентоспособността на товарния автомобилен транспорт е броят на лицензираните превозвачи. Към 16.02.2016г., броят на лицензираните фирми за извършване на товарни превози в рамките на страната е 4113 [16], като за сравнение през месец май 2010г. той е бил 1752, а през 2005г. – 2470. Намалението с почти 30% на броя на лицензите към месец май 2010г. спрямо 2005г. се дължи на обстоятелството, че голям брой фирми са предпочели да придобият международен лиценз за превоз на товари, който им дава достъп до международния пазар на транспортни услуги. Освен това, след приемането на България в ЕС, международния лиценз дава пълно право на притежателя му да оперира и на територията на страната. За това свидетелстват и данните за броя на лицензираните фирми за извършване на международни превози, като към 16.02.2016г. техният брой е 11338 [17], като отново за сравнение, през месец май 2010г. той е бил 6364, а през 2005г. – 4848.

Развитието на товарния автомобилен транспорт е съпътствано и от редица проблеми, които могат да бъдат систематизирани по следният начин:

- незадоволително качество на пътната инфраструктура;
- чести натрупвания на транспортни средства на някои от граничните пунктове;
- липса на комбинирани и мултимодални услуги;
- неблагоприятна възрастова структура на автомобилния парк в страната и трудности на транспортните оператори, по отношение планирането на инвестиционни стратегии;
- вредно влияние върху околната среда;

- не добре организирана обработка на отпадъците на излезли от употреба или спрени от движение товарни превозни средства.

Наред с изброените, съществен проблем е и честотата на възникващите инциденти и катастрофи, свързани с дейността на товарния автомобилен транспорт, които причиняват човешки жертви и материални щети. Най-голям брой пътно-транспортни произшествия (ПТП) и жертви са реализирани от водачите на леки автомобили и на следващо място по брой на ПТП и последствията от тях са товарните автомобили [18]. Основните проблеми, свързани със значителния брой ПТП и броя на загиналите и ранените при тях, са комплексни. По-значителните от тях са следните:

- неблагоприятната възрастова структура на използваните транспортни средства предполага по-ниска надеждност при експлоатация;
- липса на иновативни предпазващи и животоспасяващи средства в експлоатирания подвижен състав, които са характерни за съвременните товарни автомобили;
- недобре организиран и недостатъчно контролиран процес на техническо поддържане на подвижния състав;
- недостатъчно ефективно първоначално и последващо обучение на водачи на моторни превозни средства;
- неадекватен контрол и недостатъчно строго прилагане на нормативната уредба от страна на контролните органи;
- липса на изградена култура на поведение от субектите в транспортния процес.

Разгледаните дотук данни и показатели са сред най-типичните, които имат отношение към състоянието и конкурентоспособността на товарния автомобилен транспорт и може да се счита, че на тяхна база могат да се изведат адекватни насоки за повишаване на неговата конкурентоспособност при извършването на превози в международно съобщение.

4. НАСОКИ И ДОБРИ ПРАКТИКИ ЗА ПОВИШАВАНЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТТА НА ТОВАРНИЯ АВТОМОБИЛЕН ТРАНСПОРТ ПРИ ИЗВЪРШВАНЕТО НА ПРЕВОЗИ В МЕЖДУНАРОДНО СЪОБЩЕНИЕ

Прегледът на състоянието на товарния автомобилен транспорт показва, че значителна част от транспортния парк в страната е физически и морално остарял, което влияе отрицателно както върху неговата конкурентоспособност, така и върху безопасността на движението и околната среда. В условията на либерализиран транспортен пазар и продължаващата глобализация, обновяването и модернизацията на автопарка е първостепенна грижа. В това отношение основна задача на държавата е да се стреми да създава благоприятни условия и да съдейства за тяхното осъществяване чрез административна намеса. По-конкретно, необходимо е да се предприемат следните мерки:

Първо. Въвеждане и прилагане на европейските стандарти по отношение на транспортните превозни средства и контрола върху тях. Това може да бъде постигнато чрез различни инструменти като промени в нормативната уредба и усъвършенстване на процедурите по контрол, като по този начин се цели повишаване на минималните законови изисквания по отношение на транспортния парк и постепенна хармонизация с изискванията на европейските и международните стандарти.

Второ. Насърчаване модернизацията на транспортния парк и внедряването на нови технологии чрез създаване на данъчни облекчения, осигуряване на дългосрочни програми за обновяване на транспортния парк с частична държавна помощ. Целта е достигане на постепенно и устойчиво осъвременяване и модернизиране на товарните превозни средства и повишена конкурентоспособност на българските превозвачи, което да доведе до повишаване качеството на транспортната услуга и снижаване на експлоатационните разходи на превозните средства.

Трето. Ефективно използване на европейските и други фондове и финансиращи институции. Интегрирането на България в европейските структури предоставя възможности за изграждане, модернизиране и развитие на част от транспортната инфраструктура. Подготовката на мащабни проекти изисква изпълнението на редица проучвания и наличие на съответен професионален и административен капацитет, отнема дълъг

период от време и налага осигуряването на съответно местно съфинансиране.

Важен аспект от екологична гледна точка е усъвършенстване конструкцията на двигателите на превозните средства. Понеже в товарния автомобилен транспорт преобладават дизеловите двигатели, по-голямо внимание следва да се отдели на тях. Добрите практики в това отношение са следните [6]:

- усъвършенстване на горивната камера от гледна точка на нейните форма и размери;
- увеличаване на налягането при впръскване на горивото. Така се постига намаление в количеството на отделяните азотни оксиди;
- ограничаване обема на подигленото пространство на разпръсквача, с което се постига известно намаление на емисиите на въглеводороди;
- използване на по-голям брой клапани на цилиндър.

Практиката показва, че най-добри резултати се получават при комбиниране на различните решения.

При своето движение от начална до крайна точка товарите обикновено преминават през неколкостепенно обработване, което се обуславя от технологичния характер на транспортния процес. Колкото по-рационално и целесъобразно подбрани са технологичните средства и схеми за механизизирано манипулиране на товарите, толкова по-ефективно и в по-кратък срок ще се осъществява целият транспортен цикъл. Използването на съвременни технологии за товарене и разтоварване на товарите ще доведе до по-бързата им обработка и намаляване на риска от повреди на товарните единици. Икономии на време от по-бързото натоварване и разтоварване ще се отрази на необходимото време за извършване на даден курс и ще позволи по-добро управление на капацитета и трудовите ресурси. Основните насоки в това направление са:

Първо. Повишаване производителността на претоварния процес и оттам съкращаване на времето за престой на автомобилите в товаро-разтоварните пунктове.

Второ. Подобряване на качеството на предлаганите услуги. Препоръчително е всички логистични центрове да са получили сертификата за качество по ISO 9001-2015.

Трето. Подобряване на сигурността на автомобилите и на безопасността по време на превоз чрез контролиране на правилно натоварване и подреждане на товарите.

Добрите практики в тази насока са:

- разширяване на превозите и обработка на товари в унифицирани и стандартизирани товарни и транспортни единици (контейнери, сменяеми каросерии, полуремаркета, палети, кашони, пакети и т.н.);
- усвояване на нарастващите обеми товари, без увеличаване броя на лицата, заети с товаро-разтоварни дейности, чрез повишаване производителността на труда;
- повишаване ефективността на механизиранията обработка на товарите, чрез внедряване на нови и усъвършенствани транспортно-манипулационни технологии;
- изграждане на „затворени“ транспортни вериги за превоз и обработка на основните генерални товари;
- усъвършенстване на организацията и системата за управление на манипулационните процеси.

Перспективна възможност за повишаване конкурентоспособността на товарния автомобилен транспорт е и насърчаване на неговото участие в мултиmodalни транспортни системи. За тях е характерно, че превозите се извършват чрез два и повече вида транспорт, но всеки вид транспорт се използва в целесъобразната за него сфера, което води до намаляване на транспортните, а оттам и на общите логистичните разходи. Положителен ефект е и намаляване на замърсяването на околната среда. Понастоящем обаче, различните видове транспорт използват различни транспортни документи, което поражда допълнителни административни разходи за мултиmodalния транспорт и го поставя в неблагоприятно положение в сравнение с използването на само един вид транспорт. Следователно, с цел насърчаване на мултиmodalния транспорт важно е да се създаде единен транспортен документ за превоз на стоки с всеки вид транспорт. Сериозно предизвикателство при мултиmodalните превози е и проследяемостта на товарите – те трябва да могат да бъдат определени и локализирани без оглед на използвания вид транспорт. Необходимо условие за това е да се въведат стандартни интерфейси в

рамките на различните видове транспорт, както и да се гарантира тяхната оперативна съвместимост при различните видове транспорт [1]. Основната насока в това отношение, е да се създаде подходяща рамка, която да позволява проследяването на стоки в реално време и да се насърчава екологично чист товарен транспорт чрез създаване и въвеждане в употреба на единен транспортен документ в електронна форма и създаване на подходяща мрежа за внедряването на технологии за локализиране и проследяване.

Начинът на експлоатация на товарните автомобили оказва съществено значение за тяхното техническо състояние, разхода на гориво, а от там и за емисиите на вредни вещества в околната среда. Добра практика в тази насока е стриктното им техническо обслужване и съблюдаване на междуремонтните срокове.

Пътните условия също оказват своето значение. България разполага с достатъчно гъста пътна инфраструктура, но тя е в незадоволително състояние и се нуждае от модернизация и привличане към съответните технически параметри, които да отговорят на съвременните изисквания. Подобряването на пътната мрежа следва да е насочено към:

- подобряване на националната система за контрол на пътната мрежа чрез въвеждането на модерни процеси на планиране, осигуряващи ефективна поддръжка и спестяване на финансови ресурси;
- постигане на съответствие на техническите и експлоатационните параметри на пътната инфраструктура с европейските технически стандарти за осигуряване на безопасност и комфорт на транспорта;
- интегриране на българската пътна мрежа с мрежата на съседните страни.

Постигането на тези цели ще осигури по-добри възможности за успешна интеграция на националната пътна инфраструктура в развитата пътна мрежа на страните от ЕС.

Успешното развитие на всяка фирма може да бъде постигнато само чрез ефективно управление на персонала. Управлението на персонала в товарния автомобилен транспорт се характеризира със специфични особености, произтичащи от особеностите на транспортните дейности и характера на транспортния процес. Те се проявяват

главно в организацията и използването на труда на заетите служители в условията на протичането на трудовата дейност. Това налага непрекъснато повишаване на квалификацията на персонала. Основните насоки в това отношение могат да бъдат търсени главно в две направления:

Първо: повишаване квалификацията на управленския персонал. Съгласно сега действащата нормативна уредба, всеки ръководител на товарна транспортна дейност в международно съобщение трябва задължително да притежава удостоверение за професионална компетентност. За целта се преминава през специализирано обучение, което обхваща различни аспекти на дейността. Добра практика тук е наблюдаването на реални казуси, които чувствително обогатяват познанията.

Второ: повишаване квалификацията на водачите на превозни средства. Водачите на товарни автомобили са пряко ангажирани с физическото преместване на товарите и управлението на транспортната техника. Отчитайки обаче динамично развиващия се транспортен пазар и непрекъснато повишаващите се изисквания към рационална организация на работа на транспортните фирми при същевременно намаляване на разходите, добра практика е водачите да преминават задължителни квалификационни и периодични опреснителни курсове. Обучението включва модули от различни дисциплини, чиято цел е да подготвят водачите за високите изисквания на дейността международен и национален превоз на товари и свързаните с това документооборот и технически знания и практически умения. Въз основа на тези познания, водачът трябва да бъде обучен да използва оптимално и качествено транспортната техника, с което ще осигури от една страна икономична и екологосъобразна работа при оптимизиране разхода на гориво и от друга – ще се гарантира един по-безопасен превоз.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Товарният автомобилен транспорт играе ролята на катализатор за бурното икономическо развитие на съвременното общество. Той е съставна част от структурата на националната транспортна система, осъществявайки голяма

част от икономическите връзки между отделните региони и отрасли както в национален, така и в международен аспект. Всичко това налага непрекъснато да бъдат търсени резерви за повишаване на неговата конкурентоспособност, които да бъдат обвързани с неговото икономическо, технологично, организационно и екологично усъвършенстване. Разгледаните в настоящата статия насоки са сред най-съществените и съсредоточаването на усилията върху тяхното интегрирано осъществяване неминуемо ще доведе до развитие на един по-конкурентен и модерен товарен автомобилен транспорт, способен да отговори на високите изисквания на съвременната икономика.

Литература

1. **Бяла книга за транспорт 2011** – Пътна карта за постигането на Единно европейско транспортно пространство - към конкурентоспособна транспортна система и ефективно използване на ресурсите.
2. **Велев М.** Оценка и анализ на фирмената конкурентоспособност. Софттрейд, София, 2004, 10 с.
3. **Генерална дирекция за вътрешни политики на ЕС, Тематичен отдел Б: структурни политики и политика на сближаване.** Товарен автомобилен транспорт: защо спедиторите от ЕС предпочитат камиона пред влака, 2015, 3 с.
4. **Димитров П., Толев М., Тодоров Ф., Величкова Е., Корбанколева И.** Логистични системи, Стопанство, София, 2010, 90 с.
5. **Кирова А.** Международен транспорт, спедиция, застраховане. София, 2011, 18 с.
6. **Минков Т.** Опазване на околната среда от вредното въздействие на автомобилния транспорт. София, 2009.
7. **МТИТС**
8. **Николова Х.** Международен транспорт и спедиция. София, Стопанство, 2011, 6 с.
9. **Оперативна програма „Транспорт“ 2007-2013**, 7 с.
10. **Стратегия за развитие на транспортната система на Република България до 2020г.**, 9 с.
11. **Стратегия за развитие на транспортната система на Република България до 2020г.**, 42 с.
12. **Council of Supply Chain Management Professionals and Thomas J. Goldsby, Deepak Iyengar,**

- Shashank Rao.** The definitive guide to transportation. CSCMP, 2014, p. 17
13. **www.nsi.bg.** Посетен на 19.02.2016г.
14. **www.nsi.bg.** Посетен на 15.02.2016г.
15. **www.nsi.bg.** Посетен на 15.02.2016г.
16. **www.rta.government.bg.** Посетен на 20.02.2016г.
17. **www.rta.government.bg.** Посетен на 20.02.2016г.
18. **www.nsi.bg.** Посетен на 21.02.2016г.

DIRECTIONS TOWARDS INCREASING THE COMPETITIVENESS OF INTERNATIONAL ROAD FREIGHT TRANSPORT

Kamen LUKANOV

Logistics department, UNWE-Sofia, Bulgaria
e-mail: kamenlukanov@unwe.bg

Abstract: In recent years, the global economy is developing in conditions of continuous globalization and integration processes. The development of international markets and carrying out the economic relations between countries imposed the building of a complex relationships that are characterized by continuously increasing competition between different companies and organizations. Road freight transport is constant part of contemporary trends – it is called upon to ensure the continuity of the economic processes and directly affects the competitiveness of any economy. This requires continuous efforts to improve its competitiveness in regard to international road freight transportation. In current article are regarded the most important features of international road freight transportation, its importance to economic processes is described and are revealed directions towards increasing its competitiveness.

Keywords: road freight transport, international road freight transport, competitiveness, competitiveness of international road freight transport

МЕТОДИ И СРЕДСТВА ЗА РЕШАВАНЕ НА АКТУАЛНИ ПРОБЛЕМИ НА ФИНАНСОВИЯТ ИНЖЕНЕРИНГ

Николай ХРИСТОВ

катедра „ Комуникационна и компютърна техника и технологии ”, Югозападен университет ”Неофит Рилски”,
България

e-mail: hristovnp@mail.bg

Резюме: В статията се разглеждат основните проблеми на финансовият инженеринг. Предложена е методика за определяне на прогнозна цена на ценни книжа, разгледани са основните похвати прилагани при управлението на риска и са изброени методи за оптимизиране на инвестиционен портфейл .

Ключови думи: финансов инженеринг, модели

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Дефиницията за финансов инженеринг която най – често се посочва в учебниците е:

Мултидисциплинарна дисциплина която прилага моделите, методите и техниките разработени в математиката, статистиката и компютърните симулации към финансови модели и обекти. [1]

Основно финансовият инженеринг се прилага към следните дейности: Корпоративно финансиране; Прогнозиране пазарната цена на финансови дериватни инструменти; Разработване на математически модели използвани за разработването на финансови регулаторни норми; Управление на портфейли от финансови инструменти; Управление на риск; Структуриране на финансови продукти.

В основата на финансовият инженеринг е поставена хипотезата за ефективният финансов пазар. Тази хипотеза е основата към която се надграждат съвременните финансови теории.

Математическите модели които описват финансовите пазари се класифицират като:

Дискретни времеви модели – известни още като комбинаторна (дискретна) оптимизация. Комбинаторните проблеми се наричат още NP – сложни проблеми.

Модели непрекъснати по времето – непрекъснат оптимизационен проблем

В основата на тази дисциплина стоят разработването на стохастични модели на прогнозирането на цената на ценни книжа и финансови инструменти и оценяването и управлението на риска

2. ОСНОВНИ ПРОБЛЕМИ НА ФИНАНСОВИЯ ИНЖЕНЕРИНГ

Проблемите, които могат да бъдат класифицирани като проблеми на финансовия инженеринг са многобройни. Това многообразие може да се сведе до три основни проблеми. Тези проблеми са: прогнозиране на цените на ценни книжа, управление на риска и оптимизиране на портфейл от финансови инструменти.

2.1. Прогнозиране на цената на ценни книжа

Най – общо ценните книжа в контекста на финансовият инженеринг се разделят на два основни класа: Обикновени (прости) ценни книжа и дериватни ценни книжа. [2]

Примери за обикновени ценни книжа са акциите и облигациите, докато опциите, фючърсите и суаповете са пример за дериватни ценни книжа. При обикновените прости ценни книжа, цената се прогнозира обикновено с помощта на математически уравнения почиващи на хипотези за постигане на условия за равновесие (например предлагането = търсенето) тези уравнения са от-

давна описани и изследвани от финансовите теории поради фактът, че се използва прост математически апарат. Финансовият инженеринг разширява набора от финансови инструменти и основно е фокусиран върху математическото описание на модели позволяващи определянето на цената на дериватите, използвайки арбитражни аргументи. Някои модели като Модел за оценка на капиталовите активи (CAPM), са равновесно-базирани модели, които са от основно значение за финансовите икономисти и финансови инженери и при тях се прилага смесен подход.

Широко използван похват използван при построяването на прогнози на цените е методът на Монте Карло, и схематично е показано по – долу методологията на прилагането му. Основно понятие при построяването на модели за прогнозиране на цените на финансовите инструменти е т.н. фундаментална теорема [3] която може да бъде математически изразена като:

$$\begin{pmatrix} S_{1t_0} \\ \vdots \\ S_{nt_0} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_1^1 \dots Z_1^n \\ \vdots \\ Z_n^1 \dots Z_n^n \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} Q^1 \\ \vdots \\ Q^n \end{pmatrix} \quad (1)$$

Лявата страна на уравнението е векторът на ликвидната цена на набор от разглеждани ценни книжа към началният (текущ) момент от времето. Дясната страна на равенството е съставено от две компоненти: първата е матрицата Z от възможните стойности, които е възможно да приеме цената на съответната ценна книга към момент от време T където $T > t_0$ и векторът от константи $\{Q^1, Q^2, \dots, Q^n\}$. Фундаментална теорема гласи, че цените на финансовите ценни книжа $\{S_{kt_0}\}$ към момента t_0 са справедливи, ако съществува вектор $\{Q_i\}$ и той е съставен от положителни стойности.

Използвайки тази математическа формулировка за практически изчисления използвайки методът на Монте – Карло, очакваната цена се оценява като:

- първо се генерират последователност от случайни стойности на реплики на доходите базирани на предварително избран модел, и след това се изчислява средната стойност на тези цени. Фундаментална теорема осигурява рисково неутрална вероятност, P^* , такава че за всяка справедлива цена на активите S_t :

$$\frac{S_t}{B_t} = E_t^{P^*} \left[\frac{S_T}{B_T} \right], \quad (2)$$

където: S_t - Цената на финансовият актив в началният момент; B_t - Цената на нормализиращ финансов актив в началният момент; $E_t^{P^*}$ - мартингал който може да бъде използван за ценнообразуването; S_T - Цената на финансовият актив в момент T ; B_T - Цената на нормализиращ финансов актив в момент T .

Ако вземем за нормализиращ финансов актив депозит то B_t може да бъде представен като:

$$B_t = e^{\int_0^t r_u du}, \quad (3)$$

където: r_u - непрекъсната функция на лихвеният процент.

Тогава използвайки Монте Карло за намиране на решение на (2) за дискретизираната функция на промяна на S_t можем да изразим като:

$$S_{t+\Delta} = (1+r\Delta)S_t + \sigma S_t(\Delta W_t) \quad (4)$$

където интервалът на дискретизация Δ е $\Delta > 0$; σ е константа характеризираща мащаба на нестабилната компонента на предполагаемата промяна на цената; ΔW_t , е случайна променлива с нормално вероятностно разпределение с средна стойност 0 и вариация Δ :

$$\Delta W_t \sim N(0, \Delta) \quad (5)$$

Използвайки всичко по – горе можем да изчислим S_T ползвайки следната процедура:

1. Избира се големина на стъпката Δ , ползвайки псевдо-случаен генератор се генерират случайната стойност на ΔW_t .
2. Използвайки текущата стойност S_t , стойностите на параметрите r , σ , и уравнението (4), получаваме N на брой дискретни стойности S_T^j , $j = 1, 2, \dots, N$.

3. Замествайки тези стойности в функцията,

$$C(T)_j = \max[S_T^j - K, 0], \quad (6)$$

и получаваме N реплики за $C(T)_j$.

4. Накрая изчислявайки простата средна стойност и претегляйки я правилно получаваме за $C(T)_j$:

$$C(T) = e^{-r(T-t)} \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N C(T)_j, \quad (7)$$

Така описаната процедура за определяне на справедлива цена на опция дава представа за методологията на широко използвания метод на Монте Карло във финансовия инженеринг.

2.1. Управление на риска

Управлението на риска се занимава с изучаване на рисковете, присъщи на портфейл от ценни книжа, например определяне на $P(W_t/W, 0 \leq 0.8)$, т.е., вероятността да загубите повече от 20% от стойността на портфейла към моментът от време T. Ако стойността на тази вероятност се окаже неприемливо висока то следва да се оптимизира портфейла, за да се намали тази вероятност. Понятието риск лежи в основата на този клон от финансовия инженеринг и поради неговата важност и многообразните форми чрез които той може да се прояви са налице широк набор от дефиниции за риск. Едно от определенията които дава Бернар Мароа е, че рискът се дефинира най-общо като вероятността за неблагоприятен изход. Финансовите среди които изучават рискът и предлагат методи и подходи за управление – избягване и минимизиране на негативни финансови резултати произтичащи от определени събития се позовават на разширено тълкуване на риска свързвайки го с понятията неопределеност или невъзможност. Използвайки тези понятия рискът се тълкува като невъзможност („неопределеност“) за точно прогнозиране на оптималния вектор на развитие на сложна система и тази неопределеност води до вероятността на само за негативни изменения, но и възможността от проявления на позитивни възможности[4].

Елементите описващи риска разглеждани от финансовия инженеринг са:

- Вероятност за проявяване на дадено събитие P;
- Честотата на настъпване на рисковото събитие F;
- Оценка (качествена) на претърпяната загуба NI;
- Определяне на значимостта на даденият риск в сравнение с други такива I – този параметър използва скала от вида на: малка, нарастваща, средна, висока, голяма.

Основните методи за анализ на риска са:

- Теоретични – базирани на база данни от минал собствен или чужд опит в аналогични ситуации, този метод е широко използван от рейтинговите компании;
- Полеви – базирани на анкети, наблюдения, експерименти и експертни оценки.

Общите методи за анализ на риска са статистически методи включващи параметри като: средно аритметични; медиана; мода; стандартно отклонение; коефициент на вариация; дисперсия; ковариация; корелация; бета коефициент и хипотези за нормално разпределение; метод на трите точки; дърво на решенията и т.н.

Отново и при изчисляване на профил на риска финансовият инженеринг използва методът “Монте Карло“.

Изчисляването на количествените и качествени елементи на риска биха били самоцелни и лишени от каквато и да е практическа стойност. На базата на изчислените параметри на дадения финансов риск корпорациите въвеждат системи за управление на риска използвайки следните подходи:

- Избягване на рискове – отказ от сделка
- Ограничаване на риск – ограничавайки вероятността и/или ефектът от настъпване на риска чрез:

А. Прехвърляне или разделяне на риска с другия участник и/или трети страни: застраховане, калколиране на риска в цената на продукта, хеджиране, фор-миране на рисков фонд и др;

В. Разработване на аварийен план.

Една от най-често решаваните задачи решавана от финансовият инженеринг е определяне на оценката на ефективност на инвестиционните проекти. Даден проект се приема за изпълнение само когато нетната настояща стойност NPV е с положителна стойност:

$$NPV = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{NCF}{(1+r)^n} \quad (8)$$

където: NPV – нетна настояща стойност; I_0 – инвестиционни разходи; NCF – нетни парични потоци; r – скотов процент; n – пореден номер на периода.

За изчисляването на тази стойност се използват се предимно динамични методи отчитащи стойността на парите като функция на времето. Основни методи са:

2.2.1 Модел за оценка на капиталови активи CAPM [5] – абстрактен модел изключващ влиянието на инфлацията, данъчни и други финансови облекчения, както и се смята, че достъпът до финансовите пазари не е ограничен. Използва за сравнение развит пазар и по тази причина не може да бъде прилаган към нови невъвеждани проекти.

Принципи на метода:

- Всички се стремят да намалят риска си
- Няма асиметрия в разпространението на информация
- Капиталовият пазар е ефективен – няма фрикции
- Няма ограничения при отпускане на кредити
- Не се отчита лихвената разлика между депозити и кредити

$$r = r_f + \beta(r_m - r_f) \quad (9)$$

$$\beta = \frac{cov(r; r_m)}{var(r_m)}$$

където r – очаквана норма на възприемчивост; r_f – безрискова норма на възвращаемост; β – еластичност на възвращаемост на фирмата

спрямо пазарната възвращаемост; r_m – пазарна възвращаемост.

На базата на този модел са разработени цяла група от модели целящи по реалистичното описание на риска.

Налице са още две групи подхода:

2.2.2 Модел на средно претеглена цена на капитала WACC [6] при този подход се взема предвид дали рискът на фирмата е равен на този на проекта и как е осъществено финансирането на проекта. Тогава средно претеглената цена на капитала е:

$$WACC = r_D \cdot \frac{D}{V} (1 - T) + r_E \cdot \frac{E}{V} \quad (10)$$

където

r_D – норма на възвращаемост на привлечения капитал

r_E – норма на възвращаемост на СК;

D/V – привлечен капитал към общо финансиране;

E/V – дял на СК към общо финансиране.

2.2.3 Build-up approach – при този подход се добавят различни надбавки за различни видове рискове. При този подход индикатор за продължаването на проекта е вътрешната норма на възвращаемост IRR, като при $IRR > r$ проекта се приема

$$0 = -I_0 + \sum_{n=0}^N \frac{NCF}{(1 + IRR)^n} \quad (11)$$

На базата на последният метод са разработени методите като метод на модифицираната вътрешна норма на възвращаемост, Анюитетен метод, Метод на нетната бъдеща стойност на инвестицията и др.

Главен проблем при прилагане на всички описани по – горе методи в България е определянето на нормата на скотиране. Проблемата се

поражда от фактът, че капиталовият ни пазар не е достатъчно развит и не може да бъде ползван като репер при сравняване на измерената ефективност към средно браншовата такава

2.3. Оптимизиране на портфейл от финансови инструменти

На най-ниско ниво оптимизирането на портфейл, с е свежда до проблемът за избора на стратегия за търговия получена от оптимизирането на обективна функция, която измерва стойността на портфейла. Например, можете да искате да се реши :

$$\max_{\theta} E[u(W_T)] \quad (12)$$

където θ е динамична стратегия за търговия, W_T е възвращаемост и $E[u(W_T)]$ е целева функция.

Поради сложността на проблема и ограничените ресурси (машинно време), както и предвид динамиката на началните данни (постоянно променящи се ценни и рисков рейтинг на финансовите инструменти) се търсят оптимални или субоптимални решения за приемливо време. Исторически са прилагани и адаптирани различни алгоритми за оптимизация. Към настоящият момент развитието на метаверстиката се е превърнала в основна област при изследването на операциите. Прилагането на метаверстични методи за намирането на оптимален портфейл позволява използването на все по – сложни методи целящи по – пълното и точно математическо описание на поведението на цената на портфейла като функция на времето от една страна така и разширяване на областите от пространството на търсене (диферсификация) [8] .

3. Заключение

В настоящата работа са анализирани някои конкретни задачи, които решава финансовият инженеринг.

На базата на този анализ е показано, че всички тези задачи могат да бъдат решавани с универсалния подход- използвайки евристични методи за оптимизация.

Литература

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Financial_engineering. Посетен на 09.08.2015г.
2. **Perry H. Beaumont.** Finance Engineering Principales. WILEY, 2004
3. **Richard C. Grinold and Ronald N. Kahn.** Active Portfolio Management. Probus Publishing Company, 1995
4. **Серафим Петров.** Управление на Риска. София, парадигма, 2008.
5. **Eugene F. Fama and Kenneth R. French.** The Capital Asset Pricing Model:Theory and Evidence. Journal of Economic Perspectives—Volume 18, Number 3—Summer 2004 —Pages 25– 46
6. **Almir Alihodžić.** Calculation of average weighted cost of capital for individual shares of sarajevo and banja luka stock exchange. active citizenship by management int. conference 2013 p.1303-1307
8. **Пламенка Боровска.** Синтез и анализ на паралелни алгоритми. София, Технически Университет, 2008

METHODS AND TECHNIQUES OF FINANCIAL ENGINEERING

Nikolay HRISTOV

Department "Communication and computer equipment and technology," West University "Neophyte Rilski", Bulgaria

e-mail: hristovnp@mail.bg

Abstract: The article discusses the basic problems of financial engineering. Proposed methodology for calculating the future value of securities and was reviewed the main methods used in risk management at the end are listed some methods used to optimize the investment portfolio.

Keywords: finance engendering, risk management, finance models

ECO DESIGN, ENERGY EFFICIENCY, MARKET PROPOSALS AND PURCHASING CHOICE

Tihomir DIMITROV

Engineering logistics, material handling, building and roadbuilding machines department, Technical University-Sofia, Bulgaria

e-mail: tichomir.dimitrov@gmail.com

Summary: When it comes to making the choice on the new equipment or modernization lift market, there are a lot of options and possibilities, especially offered by the big multinational companies. In the last years each company has own vision of the market and types of lifts for different market segments. That is the reason why for investors and the decision makers it is real disaster when they have to make this hard choice, especially when it comes not only for the price of the product. In lot of cases this choice is further hampered because of the technical characteristics of the offered equipment. In the general case the investor is not having enough experience and knowledge base in this field and that is why he is not able to do the right choice. The performed in this work market research is focused to help the decision makers in their work when they have to choose the equipment for their buildings both newly constructed and modernized.

Key words: elevators, purchase, choice, energy, energy efficiency, eco design, lifts.

1. INTRODUCTION

Recently the leading lift companies are providing on the market wide range of products. From the low rise residential market lifts proposed to have only hundred travels each day to the high rise high duty lifts, proposed to have constant starts day by day. Each solution have own characteristics, price and costs. When it comes to the price in lot of cases this is the key decision making factor. In these cases the technical characteristics are not followed or compared by the decision makers. On the other hand in long run this can lead to significant operational costs of the units. That is why the decision done on this stage is very important for the investor as well as for the owner or owners of the building during the entire lifecycle of the facility.

2. SUBJECT, COVERAGE AND BASE OF THE RESEARCH

Comparison of some technical and mechanical characteristics of the low and mid rise passenger lifts, purposed for light and mid traffic in residential and small office buildings; Additionally compared to Schindler 5500 lift for Office buildings. Covered are the main lift components. Base of the research are the actual lift models, provided on the market from the main international players on the Bulgarian market. As source of information technical specifications and marketing materials of the companies as well as

on-site checks are used. Information from spare parts suppliers used also. Models of lifts studied: Kone EcoSpace® and MonoSpace® 500, Otis Genesis® and Gen2® Comfort, Schindler 3100 and 3300.

3. SOLUTIONS PROPOSED ON THE ELEVATOR MARKET

All the proposals on the market are based on the modern drive technologies, incorporating both energy efficient gearless machines and highly sophisticated VVVF drive with vector and closed loop control. More often the used suspension media is different than the conventional and well known industry standard steel ropes with minimum 8 mm diameter. As usual all the solutions are of MRL types with controllers and machines installed inside the hoistway, emergency panel on the last stop mounted. The doors obviously used are two panels automatic, few types for different duties and characteristics are used.

4. LIFTS DESCRIPTION

4.1. Kone Ecospace® Lifts description

Kone EcoSpace is an electric traction lift without machine room. Generally the well known MonoSpace was reengineered and downgraded to cover the requirements of the low rise residential market only. This is clearly visible from the basic

parameters- rise of only 35 meters and 14 stops together with 150 starts per hour as maximum. But here we have to be very careful, because this is the data of this type of the lift for Bulgaria, and EU. For the same lift in UK version of corporate site the maximum rise is mentioned as 15 meters and the maximum number of stops is only 4. The difference is 20 meters, which means much heavier Relative Runtime for the motor when the same machine used for more than double rise. The doubled rise means approximate doubled number of stops. That is why we can consider the same when talking about the door operator and controller used. It is Sematic low range car door with drive and DC low range controller.

The used lift drive system consists of compact radial design gearless machine Kone EcoDisk® 3 phase AC synchronous motor with permanent magnets in the rotor. The drive is VVVF with regeneration module and closed loop system. Kone claims that this drive covers A class of Energy efficiency classification* according to EN ISO 25745. The suspension system is classical, proven and well known; roped with suspension ratio 2:1, with counterweight and diverting pulleys. Obviously the balancing ratio used is close to 0.45. The ropes used are made of high tensile strength steel wires for elevators, with nominal diameter according to the stated in EN 81.1 8.0 mm. There is no deviation from the safety rules. The drive sheave used is of standard and well known type; the diverting pulleys are also standard and well known. The ratio between the rope and pulley diameter is again according to the applicable standard EN 81.1. Rope's safety factor is calculated and it is in compliance with the requirements of EN 81.1. Drive sheave and the motor's rotor are of mono-block construction.

This means that the number of cycles has not to be monitored [1]. But also here we have to consider that the above said means long rope life because of enough ropes safety factor and good ratio between the rope diameter and traction sheave/diverting pulleys. The expected ropes lifetime is according to the case of no deviation of the stated in EN 81.1 ropes calculation methodology.

The car and counterweight guide system is classical. There are solid type guide rails for the car and counterweight, both guided by sliding plastic guide shoes with low friction ratio, oiling necessary. The

car and counterweight are centrally guided. The car is without classic carrying car frame; "frameless" construction used; the diverter pulleys are located below the car. This construction is also the reason for location of the safety gears at the lower part of the car. Machine is located at the top of the hoistway, standing on the car guide rail. This is used to transfer all the loads through the rail at the shaft bottom. The suspension places of the ropes (roping 2:1) are also located at the top of the hoistway; one is on the machine car guide rail and the second one is on the other car guiding rail. The loads are again transferred in the shaft bottom.

The counterweight consists of steel frame and fillers. The balancing ratio is 0.45. Diverting pulley located at the top. Fillers are made of concrete. Sliding plastic guide shoes used for guiding, oiling required. Country of origin: a publication in Business Standard dated 06.06.2012 says that Kone has four main manufacturing plants around the globe- Finland, China, India and US. The most active and aggressive is located in India. This plant manufactures the most Kone lifts for Asia and Asia-Pacific area. For Europe the most probably manufacturing plant (logistics centre) for deliveries in Europe is located in Italy (Manufacturing & Logistics IT Magazine). Also, there is publication in Business Standard, saying that the Kone EcoDisc machines are manufactured in their new factory in Kunshan, China.

4.2. Otis Genesis® Lifts description

Otis Gen2 Genesis is an electric traction lift without machine room. The already well known Gen2 Comfort was downgraded in the field of technical aspects and in the field of aesthetics, functions and options in order to cover the requirements of the low rise residential market only. This is clearly visible from the basic parameters- rise of only 27 meters and 9 stops together with 150 starts per hour as maximum [6]. Also the used car door operator is low range/low performance with 12 VDC controller and motor-reducer, but equipped with closed loop controller system.

The used drive system consists of compact axial design gearless machine Gen2®, which is 3 phase AC synchronous motor with permanent magnets embedded in the rotor. The drive is regenerative VVVF and closed loop system with encoder on the machine. According to Otis' information, this lift

drive, as well as the entire lift, covers A class of Energy efficiency classification* according to EN ISO 25745. The suspension system is classical, proven and well known on the market; traction with suspension ratio 2:1, with counterweight and diverting pulleys. Obviously the balancing ratio used is 0.45. The ropes are replaced with polyurethane coated steel belts, which is patented Otis' technology. The core wires are 10, 12, or 20 and 24 steel ropes with diameter of 1.2 or 1.62 mm, depending the type of the belt. Basically two types of belts are used- flat grooved and flat. The known belt's manufacturers are three. The inner steel ropes are made of high tensile strength steel wires. It is clear that the use of this kind of suspension media is deviation from the stated in EN 81.1 requirements for suspension means. But here we have to consider one more deviation, which is much more serious. The number of separate suspension means is 2 (for loads of up to 630 kg), but the necessary safety ratio (as described in EN 81.1) is not followed. The safety ratio is less than 16, obviously it is close to 12. In order to provide enough safety level in this case, this roping system is equipped with Otis Pulse system (Resistance Based Inspection), which monitors the belts, 24/7. Anyway, this is deviation from the European safety rules. In order to fulfil the Essential safety requirements, Otis takes the necessary measures to obtain the proper documents, proving that the necessary safety is achieved using other than the stated in the standard measures.

The drive sheave used is with crowned surface, made of steel. The diverting pulleys are also crowned. The ratio between the belt (small diameter ropes inside the belt) thickness and drive sheave and pulley diameter is in compliance with EN 81.1. Rope's safety factor is calculated according to the well known methodology in EN 81.1, but we have to consider the stated above deviation of ropes safety factor. Drive sheave and the motor's rotor are mono-block construction.

The car and counterweight guide system is classical. There are solid type guide rails for the car and counterweight, both guided by sliding plastic guide shoes with low friction ratio, oiling necessary. The car and counterweight are centrally guided. The car is without classic carrying car frame; "frameless" construction used; the diverter pulleys are located below the car. This construction is also the reason

for location of the safety gears at the lower part of the car. Machine is located at the top of the hoistway, standing on the car guide rail. This is used to transfer all the loads through the rail at the pit. The suspension places of the ropes (roping 2:1) are also located at the top of the hoistway; one is on the machine car guide rail and the second one is on the other car guiding rail. The loads are again transferred in the pit.

The counterweight consists of steel frame and fillers. The balancing ratio is 0.45. Diverting pulley located at the top. Fillers are made of concrete. Sliding plastic guide shoes used for guiding, oiling required. Country of origin: There is no public available information on this important matter. Even the company doesn't give official information. Instead, there are found indirect information on this matter which leads us to the most likely answer: Otis Contract Logistics Centre in Madrid, Spain. It was hard to find where Otis manufactures the machines, but again according to indirect information and press releases, as well as detailed information from few lawsuits, the most probably manufacturer is located again in Spain [3, 4].

4.3. Schindler 3100® Lifts description

Schindler 3100 is an electric traction lift without machine room with traction V-belts used instead of steel ropes. It has been designed to meet the technical requirements of the low- and mid-rise residential market. This is clearly visible from the basic parameters- maximum rise of 60 meters and 20 stops. Together with reinforced ventilation, the machine covers 180 starts per hour as maximum.

The used drive system consists of compact axial design gearless machine, which is 3 phase AC synchronous motor with permanent magnets embedded in the rotor. The drive is regenerative VVVF (optionally) and closed loop system with encoder on the machine. According to information represented by Schindler, this lift drive, as well as the entire lift, covers A class of Energy efficiency classification according to EN ISO 25745 (VDI 4707), usage category 1 [5]. The suspension system is classical, proven and well known on the market; traction with suspension ratio 2:1, with counterweight and diverting pulleys. Obviously the balancing ratio used is 0.45. The ropes are replaced with EPDM (Ethylene Propylene Diene Monomer)

coated steel belts, which is Schindler' STM (Suspension Traction Media) technology. The core wires are 12 steel ropes, EPDM covered in monolith V-belt. The inner carrying ropes are made of high tensile strength steel wires. It is clear that this is deviation from the stated in EN 81.1 requirements for suspension means. The number of separate suspension means is minimum 2 and the necessary safety ratio (as described in EN 81.1) is followed. In order to provide enough safety level in this case, this roping system is equipped with slack rope device, which monitors the belts' tension, 24/7. Additionally the elevator controller monitors both- the number of travels (bending cycles for STM) and STM aging. When the limit is achieved (whatever comes first) the elevator finishes the current run and stops until the STM are replaced.

The drive sheave used is V-grooved, made of steel. The ratio between the belt (small diameter ropes inside the belt) thickness and drive sheave and pulley diameter is in compliance with EN 81.1. Rope's safety factor is calculated according to the well known methodology in EN 81.1. Drive sheave and the motor's rotor are of mono-block construction.

The car and counterweight guide system is classical. There are solid type guide rails for the car and counterweight, both guided by sliding plastic guide shoes with low friction ratio, oiling necessary. The car and counterweight are centrally guided. The car is without classic carrying car frame; "frameless" construction used; the diverter pulleys are located below the car. This construction is also the reason for location of the safety gears at the lower part of the car. Machine is located at the top of the hoistway, standing on one of the car guide rails. This is used to transfer all the loads through the rail at the pit. The suspension places of the ropes (roping 2:1) are also located at the top of the hoistway; one is on the machine car guide rail and the second one is on the other car guiding rail. The loads are again transferred in the shaft bottom.

The counterweight consists of steel frame and concrete fillers. The balancing ratio is 0.45 overall. Diverting pulley located at the top. Fillers are made of concrete. Sliding plastic guide shoes used for guiding, oiling required.

Car and hoistway doors used are manufactured from the well known European manufacturer Sematic. The used Sematic car door drives are of low range and

performance types. Also, Fermator doors and drives are used. But, instead, here we have to consider that the used technologies of both manufacturers are of highly sophisticated VVVF type, which is serious advantage.

Country of origin: There is no public available information on this important matter. But most probably the on-site delivery is done from Dunajska Streda, Slovak Republic [4]. But the drive motor is most likely to be manufactured in Zaragosa, Spain [3, 4].

5. COMPARISON TABLE

As a result from the survey, comparison **Table 1** was built. It includes the basic characteristics of lifts and their main components, such as number of starts per hour of the hoisting motor, type of the used door drive systems, maximum speed, rise and number of stops, maximum car load, etc. It contains the low to mid rise solutions of the global market leaders, directly represented on the Bulgarian market.

All the manufacturers claiming that their production is energy efficient as well as covers the requirements of eco-design principles. Their new manufacturing plants have green LEED certifications. Their production has a significantly reduced carbon footprint.

6. ENERGY EFFICIENCY AND ECO DESIGN

When speaking for the energy efficiency of these lifts, we have to consider one important thing. All the manufacturers are certified their products for class A of energy efficiency of their lifts [5], covered by the survey. Instead of this it is important to note that when used under different usage category the same unit may have different energy efficiency class. But this is not always clearly stated by the manufacturers in the related sales and contract documents. Based on this fact, additional attention has to be paid in the decision process by the decision makers, because otherwise some deceptions possible.

Based on these certificates it is easy for the buildings where these units are installed to get a green certificates and to building passports, including LEED certification. Also, the products covered by the survey are products of eco design types. The materials used are more than 90% recyclable and the constructions are well weight and structural

optimized. This results in 30% weight reduction lifts [6, 7, 8].
when compared with the industry standard types of

Manufacturer		Schindler		Kone		Otis	
Product		3100	3300	EcoSpace	MonoSpace 500	Genesis	Gen2 Comfort
Main characteristics	Max. rise	30 m	60 m	35 m	75 m	27 m	45 m
	Max. speed	1,0 m/s	1,6 m/s	1,0 m/s	1,75 m/s	1,0 m/s	1,0 m/s
	Max. No. of stops	10	20	14	24	9	16
	Max. load	630 kg. / 8 pers.	1125 kg. / 15 pers.	1000 kg. / 13 pers.	1150 kg. / 15 pers.	1000 kg. / 13 pers.	1000 kg. / 13 pers.
	Max. door width	900	900	900	1100	900	900
	Max. No. of units in group	2	3	2	4	2	3
	Purposed traffic intensity	Light	Light	Light	Light to mid	Light	Light
Drive and suspension	Energy efficiency class VDI 4707	A	A	A	A	A	A
	Lift drive	Gearless	Gearless	Gearless	Gearless	Gearless	Gearless
	Machine used	Compact V-belt traction	Compact V-belt traction	Kone EcoDisc	Kone EcoDisc	Otis Gen 2	Otis Gen 2
	Hoisting machine type	Synchronous motor with Permanent magnets in the rotor	Synchronous motor with Permanent magnets in the rotor	Synchronous motor with Permanent magnets in the rotor	Synchronous motor with Permanent magnets in the rotor	Synchronous motor with Permanent magnets in the rotor	Synchronous motor with Permanent magnets in the rotor
	Manufacturer (if known)	Spain	Spain	China	China	Spain	Spain
	Closed loop with encoder	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Suspension type	Roped	Roped	Roped	Roped	Roped	Roped
Car and CWT guide system	Suspension media used	Suspension Traction Media (EPDM coated steel poly V-belt)	Suspension Traction Media (EPDM coated steel poly V-belt)	Small diameter High tensile grade steel ropes	High tensile grade steel ropes	Poliurethane Coated steel belts	Poliurethane Coated steel belts
	Measures for suspension media control	Slack/broken STM device	Slack/broken STM device	No	No	Otis Pulse RBI (Resistance Based Inspection)	Otis Pulse RBI (Resistance Based Inspection)
	Min. Number of independent suspension media	2	2	4	3	2	3
	Car guide rails used	Industry standard T-profiles	Industry standard T-profiles	Industry standard T-profiles	Industry standard T-profiles	Industry standard T-profiles	Industry standard T-profiles
Car door	CWT guide rails used	Industry standard T-profiles	Industry standard T-profiles	Industry standard T-profiles	Industry standard T-profiles	Sheet steel T-profile similar	Industry standard T-profiles
	Car and CWT guide shoes used	Plastic	Plastic	Plastic	Plastic	Plastic	Plastic
	Oiling necessary (when plastic guide shoes used)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Door manufacturer	Sematic / Fermator	Sematic	Kone/Sematic	Sematic	Otis	Otis
Holtway doors	Door motor type	VVVF	VVVF	DC	DC / VVVF	12 VDC	12 VDC
	Door drive	VVVF	VVVF	DC Variable voltage	DC Variable voltage/VVVF	Variable voltage DC controller	Variable voltage DC controller
	Duty	Low	Low	Low	Low/Mid	Low	Low
	Door manufacturer	Sematic / Fermator	Sematic	Kone/Sematic	Sematic	Otis	Otis
Variety of options	Door type	TLD	TLD / CLD	TLD	TLD & CLD	TLD	TLD / CLD
	Duty	Low	Mid	Low	Low/Mid	Low	Low
Delivery time	Aesthetics & design	Only few options	Huge variety of options	Only few options	Huge variety of options	Only few options	Variety of options
	Electrical options and features	Only few options	Huge variety of options	Only few options	Huge variety of options	Only few options	Variety of options
Standard delivery time in weeks		4 weeks	6-8 weeks	4 weeks	8 weeks	3-4 weeks	8 weeks

Table 1 Comparison table between the main multinational players on the Bulgarian market

7. CONCLUSION

1. This material gives information for use together or separately with the proposals by decision makers in the field of purchasing lifts for the low to mid rise residential and low rise office buildings market, containing technical characteristics, maximum rise/number of stops, types of components used and std. delivery times.
2. Basic lifts parameters stated as well as types of the lift components used stated.

3. Basic lift components working characteristics stated.

Bibliography:

1. Directive 95/16/EC;
2. EN 81.1;
3. Business Standard online magazine, 06.06.2012;
4. Manufacturing & Logistics IT Magazine, 05.2014;
5. VDI 4707;
6. www.otis.com;
7. www.schindler.com;
8. www.kone.com.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА СПЛАВИ С ПАМЕТ НА ФОРМАТА ЧРЕЗ СПЕЦИАЛИЗИРАН СТЕНД

Тодор ТОДОРОВ¹ Румен НИКОЛОВ² Янко РАЛЕВ³

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

²катедра „Прецизна техника и уредостроене”, Технически университет - София, България
e-mail: mick@tu-sofia.bg

³катедра „Теория на механизмите и машините”, Технически университет - София, България
e-mail: yrlev@tu-sofia.bg

Резюме: В статията е описано експериментално изследване на образец от сплав с памет на формата чрез специално проектиран за целта стенд. Дадено е кратко описание на стенда и са разяснени неговите възможности. Описани са видовете сензори, които се използват за измерване на характеристиките на сплавите с памет на формата. Поместени са кратки сведения за начина на обработване на данните. Направена е демонстрация на възможностите на стенда чрез изпитване на жица от нитинол. Получени са в реално време характеристиките на температурата, преместването, силата и електрическото напрежение. След изключване на времето са построени графиките на хистерезисните зависимости преместване – температура, сила - температура и сила-преместване. Получените резултати и описаната опитна постановка са полезни за научноизследователски разработки, при които се използват сплави с памет на формата.

Ключови думи: сплави с памет на формата, еднопосочен ефект с памет на формата, супереластичност, стенд

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Сплавите с памет на формата (СПФ) се причисляват към групата на функционалните материали [1]. Характерно за тях е, че могат да реагират по някакъв начин на определен вид въздействие като например електрическо, магнитно поле, светлина, киселинност на разтвор. Сплавите с памет на формата след деформация възстановяват първоначалната си форма при загряване. Аналогични свойства притежават полимери и текстил с памет на формата. Понеже при СПФ в процеса на реакция освен размерите се променя и електрическото съпротивление, са възможни приложения за актуатори и сензори. Това дава основание на някои автори да ги класифицират като умни материали, които не само, че са способни да реагират на определено въздействие, но и да изработят съответна реакция [2]. Групата на така наречените интелигентни материали надхвърля изискванията по отношение на свойствата, които СПФ може да предоставят, тъй като на тези материали се вменяват свойства близки до завършено устройство с автономно хранване [3].

В техниката СПФ са известни с еднопосочен и двупосочен ефект на памет на формата, ефект на супер еластичност и висока вибрационна абсорбция. Еднопосочният ефект с памет на формата се

изразява в голяма деформация в мартензитно състояние, достигаща до 8% при сплавите от Ni и Ti и до 50% при VO₂ в последните проучвания [4]. Тази деформация се възстановява чрез загряване, при което сплавта преминава от мартензитно в аустенитно състояние. При изстиване кристалната решетка на сплавта преминава в двойникуван мартензит като първоначално зададената форма се запазва. Двупосочният ефект с памет на формата се постига след специално топлинно „трениране“ на сплавта, при което тя може да заеме две различни геометрични форми при последователно загряване. Този ефект е недълготраен, за разлика от еднопосочния, при който чрез правилен подбор на параметрите се постига повторимост от милиони цикли. Ефектът на супер еластичност се проявява при постоянна температура, при която сплавта е близо над финалната аустенитна фазова трансформация. Поради наклона на линиите в равнината температура-напрежение, при деформиране сплавта минава през аустенитната фаза и след това при по-високи напрежения навлиза в мартензитна фаза, където се получава ефект на омекване, и деформацията се увеличава, а силата е остава постоянна [5].

Въпреки че СПФ са обект на непрекъснати изследвания в продължение на повече от 55 години и вече е натрупано голямо количество информация, не винаги може да се намерят някои специфични данни като например модул на Young, коефициент на Poisson за дадена температура или фазово състояние.

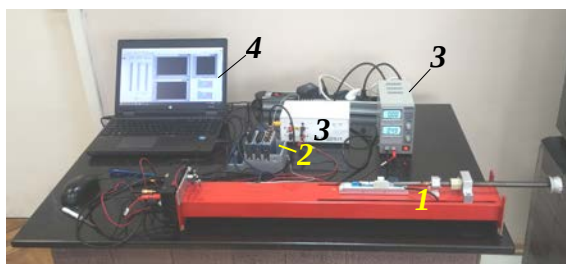
В настоящата статия авторите си поставят задачата да изследват влиянието на температурата върху механоелектричните свойства на жица от нитинол чрез специално проектиран и изработен за целта стенд. Така успоредно с определянето на свойствата на СПФ се цели на втори план да се разкрият и възможностите на новосъздадения стенд.

2. КРАТКО ОПИСАНИЕ НА ОПИТНАТА ПОСТАНОВКА

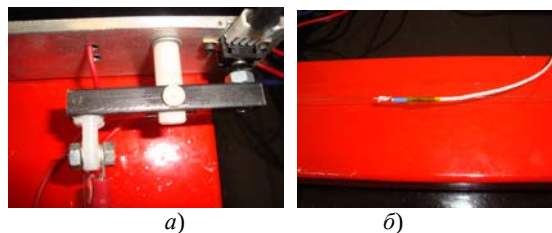
Подробно описание на създадения стенд за изследване на СПФ е направено в [6].

Общият вид на стенда е показан на фиг. 1. Основните модули, на които може да бъде разделен стендът са: измервателна система 1, система за събиране на данни 2, захранващи блокове 3 и лаптоп 4.

Измервателната система се състои от масивен корпус, върху който чрез ходов винт и съединител срещу усукване се задава опън на последователно свързани пружина и жица от СПФ. Единият край на жицата от СПФ е захванат чрез чувствителен елемент на безконтактен магнитен сензор за преместване към пружината, а другият край е закрепен към лост, чийто свободен край опира в силов сензор (фиг. 2а). Върху жицата от СПФ е закрепена подвижна термодвойка (фиг. 2б).



фиг. 1 Общ вид на стенда: 1. Измервателна система; 2. Система за събиране на данни; 3. Захранващи блокове; 4. Лаптоп.



фиг. 2 Сензори на стенда: а) лост и силов MEMC сензор тип FSG15N1A; б) термодвойка

Захранването на стенда се осъществява чрез три стабилизирани изправители и едно напрежение от USB порт на лаптопа.



фиг. 3 Магнитен безконтактен сензор за преместване тип APO-075-001

Предвидени са входове за измерване на захранващото напрежение. За измерване на тока се използва специален сензор, базиран на ефекта на Hall. Захранването на жицата от СПФ е преведено да става програмно или ръчно чрез реле (фиг. 4). Системата за събиране на данни съдържа едно четири слотово шаси на National Instruments и три модула: два аналогови входа 8 канален ± 10 V, 4 канален ± 5 V и един модул специализиран за термодвойки.

Измерванията се управляват чрез програма на LabVIEW, която осигурява едновременно измерване на преместване, сила, температура, ток и напрежение с честота на дискретизация 1000 Sa/s. Данните от измерването се записват в програма на Excel.



фиг. 4 Част от електрическият панел на стенда:
1. Сензор за измерване на ток ACS712;
2. Едноканално реле тип ISO9002.

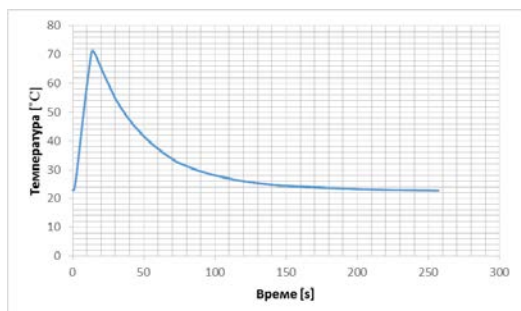
3. ИЗПИТВАНЕ НА ОБРАЗЕЦ ОТ СПФ

Проведено е изпитване на жица от СПФ – флексинол (търговско название на нитинол), производство на фирма *Dynalloy Inc* [7]. В каталога фирмата дава следните параметри: диаметър на жицата $d=0.38\text{ mm}$; съпротивление $\rho=8.3\ \Omega/\text{m}$; опънова сила $F=22,5\text{ N}$ за 172 MPa напрежение; приблизителен ток за свиване за 1 s $I=2.25\text{ A}$; време за охлаждане $t_c=10,5\text{ s}$; финална аустенитна температура $A_f=70^\circ\text{C}$. Избрана е недеформирана дължина на жицата $L=0.385\text{ m}$.

Чрез винтовия механизъм и позиционния сензор е зададена деформация на жицата $\Delta L=0.017\text{ m}$, което съответства на 4.4% относителна деформация. Чрез силовия сензор е отчетена начална сила $F=14\text{ N}$.

Напрежението е включено в продължение на 12 s , като захранващия блок се използва в режим на източник на ток с $I=2.25\text{ A}$. Получено е напрежение $U=6,28\text{ V}$.

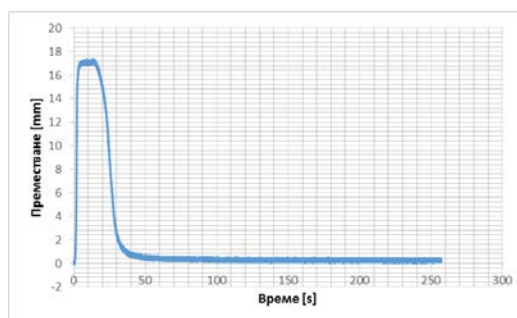
Част от графиките, записани в Excel файл са дадени на фигурите по-долу.



фиг. 5 Температура на СПФ във функция на времето

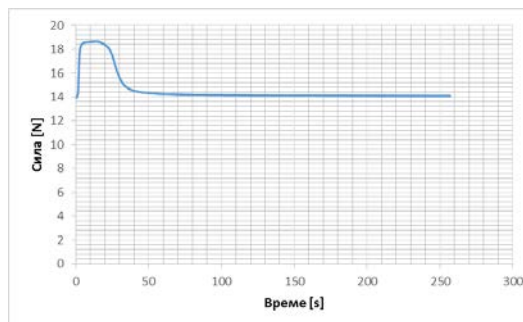
Изменението на температурата във функция на времето е показана на фиг. 5. За 17 s жицата достига финалната аустенитна температура и изстива за 240 s при температура на въздуха от 20°C .

На фиг. 6 е дадена графика на преместването на свързания с пружината край на жицата от СПФ във функция на времето. Прави впечатление, че целият ход се изминава в първите 3 секунди, но това опровергава каталожните данни за свиване в рамките на 1 s .



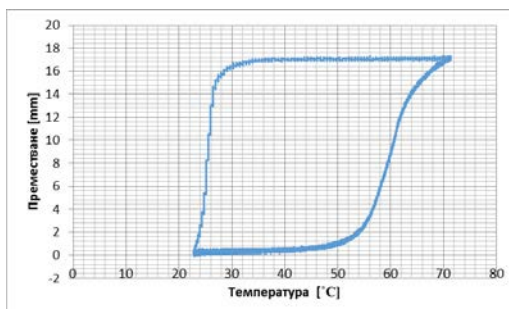
фиг. 6 Преместване на свързания с пружината край на жицата от СПФ във функция на времето

Графиката на силата показана на фиг. 7 също се изменя стръмно в началото и достига максимум след 9 s .

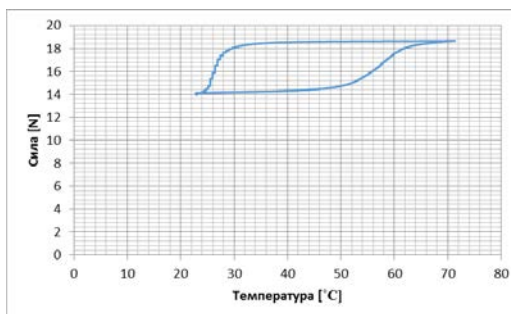


фиг. 7 Сила във функция на времето

След изключване на времето от горните характеристики са получени хистерезисни зависимости. На фиг. 8 е показан хистерезиса между преместването и температурата, а на фиг. 9 между силата и температурата.

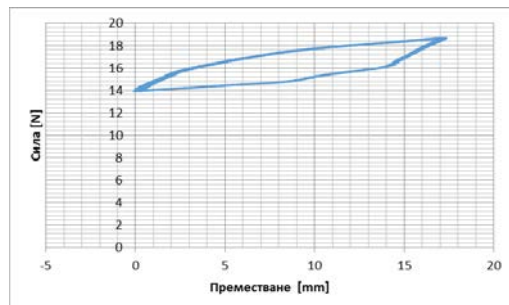


фиг. 8 Преместване във функция на температурата



фиг. 9 Хистерезис температура – сила

Механичният хистерезис, с помощта на които може да се определят загубите е показан на фиг. 10.



фиг. 9 Хистерезис температура – сила

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF SHAPE MEMORY ALLOYS BY SPECIALIZED EVALUATION SETUP

Todor TODOROV¹ Rumen NIKOLOV² Yanko RALEV³

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

²Department of Precision Technique and Apparatus, Technical University-Sofia, Bulgaria

Създаден е напълно функционален стенд с възможности за измерване на механични и електрически параметри на сплави с памет на формата.

Чрез изпитване на образец от нитинол са доказани възможностите за едновременно изследване на няколко физични характеристики с достатъчно висока точност и честота на дискретизация.

Получените резултати може да бъдат полезни за определяне на специфични характеристики на СПФ, за създаване на модели и тяхното валидиране.

Създаденият стенд намира приложение за обучение на студенти и подпомагане на изследователската на докторанти и научни работници.

Първоначалните изводи по отношение на измерванията показват, че зададените каталожни данни не винаги съответстват на реалните.

Благодарности

Изследванията в настоящата публикация са финансирани по дог. No 152ПД00012-05 на НИС към ТУ-София.

Литература

1. Banerjee S., Tyagi A.K., Functional Materials: Preparation, Processing and Applications, Elsevier, 2016, p. 730.
2. Mel Schwartz, Smart Materials, Taylor&Francis Group, LLC, 2009.
3. Shahinpoor M., Intelligent Materials, RSC Publishing, 2007, 532 p.
4. Liu K., Cheng C., Cheng Z., Wang K., Ramesh R. Wu J., Giant-Amplitude, High-Work Density Microactuators with Phase Transition Activated Nanolayer Bimorphs, Nano Letters, vol. 12, 2012, pp. 6302–6308.
5. Fernandes F. M. B., Shape Memory Alloys – Processing, Characterization and Applications, InTech, 2013, p. 289.
6. Ралев Я., Тодоров Т., Стенд за изпитване на сплави с памет на формата, Българско списание за инженерно проектиране., бр. 27, 2015 стр. 5-10.
7. <http://www.dynalloy.com> посетена на 05.03. 2016.

e-mail: mic@tu-sofia.bg

³Department of Theory of Mechanisms and Machines, Technical University-Sofia, Bulgaria

e-mail: yrlev@tu-sofia.bg

Abstract: The paper deals with experimental investigation of a shape memory alloy by specially developed for this purpose evaluation setup. A brief description of the experimental setup properties is made. The all types of sensors which are used for measuring of the features of the shape memory alloys are explained. Some brief knowledge for the data acquisition system is disclosed. A demonstration of the evaluation setup capabilities is made by investigation of shape memory alloy wire of nitinol. The graphical relationships of temperature, displacement, force, and voltage vs. time are found. By eliminating the time the hysteresis graphs displacement – temperature, force – temperature, and force - displacement are worked out. The so obtained results should be useful for research concerning shape memory alloys.

Keywords: shape memory alloys, one way shape memory effect, supper elasticity, evaluation setup

ИНСТРУМЕНТИ ЗА КОНТРОЛ НА КАЧЕСТВОТО НА ЛОГИСТИЧНИТЕ ПРОЕКТИ

Мария ВОДЕНИЧАРОВА

катедра „Логистика“, Университет за Национално и Световно стопанство- София, България
e-mail: mvodenicharova@unwe.bg

Резюме: В доклада са разгледани общите характеристики на логистичните проекти, критериите за класификация и видове логистични проекти. Описани са етапите на процеса на контрол на логистичните проекти на база на което са представени инструментите за контрол - „Методът на критичния път“ (CPM - Critical Path Method) и Техниката PERT (Program Evaluation and Review Technique). Целта на доклада е да представи тези инструменти за контрол на качеството на логистичните проекти. Процесът на контрол започва още със стартирането на работата по проекта и изисква регулярно събиране на информация за изпълнението на проекта, равняването на фактическите и плановите показатели и използването на коригиращи мерки. Контролът трябва да се изпълнява по време на целия период на изпълнение на проекта. Анализираната информация и данни, зависят от вида, обхвата и размера на логистиката в проекта, като размер на транспорта, капацитет, срок на доставка, качество и т.н.

Ключови думи: логистични проекти, контрол, Методът на критичния път, техника PERT

1. ХАРАКТЕРИСТИКА НА ЛОГИСТИЧНИТЕ ПРОЕКТИ

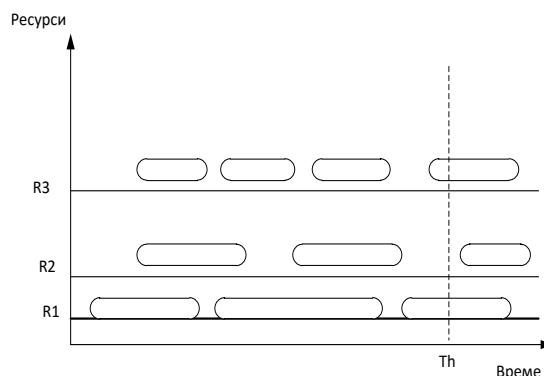
Логистичният проект може да се определи като временно начинание за създаването на логистична дейност, услуга или резултат. Логистичните проекти имат комплекс от дейности с определено начало и край. Може да бъдат описани от техническите и икономическите параметри и се определят от разходите, времето и обхвата. Логистичните проекти спомогат за ефективното и ефикасно управление на логистичните дейности в предприятието, а също така могат да бъдат свързани със създаването на уникална услуга. Логистичните проекти се характеризират със специфични характеристики, които са представени на фигура 1.



фиг. 1. Характеристики на логистичните проекти

Логистичните проекти имат уникално съдържание и уникален характер. Всеки логистичен проект се различава от другите по отношение на нейните цели, дейности, ресурси и резултати, въпреки, че повтарящи се елементи могат да присъстват в проекта.

Осъществяването на логистични проекти изисква едновременното използване на различни ресурси: физически, финансови, човешки. Изпълнението на проекта е обусловено от достъп до ресурси, които обикновено са ограничени във времето (Фигура 2).



фиг.2. Пример за ограничени във времето ресурси на логистичните проекти

Логистичните проекти може да включват изграждане на склад или инфраструктура за логистиката, избор на нов доставчик на суровини и материали, разработване на нова логистична услуга, разработване на логистична система, въвеждане на логистичен процес или процедура, извършване на промяна в структурата на логистичната система и т.н. Организирането на веригата на доставки в две или повече страни може да бъде пример за логистичен проект, реализиран в международен план. Друг пример в международен мащаб може да бъде създаване на глобална мрежа на доставчици и подизпълнители, както се включат фирмите, оказали съдействие по време на изграждането на мрежата[6]. Основни критерии за класификация и видове логистични проекти, са представени в таблица 1.

Таблица 1. Критерии за класификация и видове логистични проекти

Критерии	Тип на проекта	Пример за логистичен проект
Време и значение на резултатите от тяхното реализиране	Стратегически	Централизиция на дистрибуторската мрежа
	Тактически	Създаване на стандарти за управление
	Операционни	Оптимизиране на транспортния маршрут
Източници на финансиране	Логистичен отдел	Реорганизация на склада
	Предприятието	Прилагане на системен софтуер
Роля на отдела по логистика	Изпълнена в рамките на логистичния отдел	Намаление на материалните запаси
	Координация от логистичния	Реализация на поръчки от клиенти

	отдел	
Организиране на проектът	Обикновен логистичен проект	Един логистичен проект
	Комплексни логистични проекти	Комплект от под-логистични проекти
Функционална област на проект	Местоположение	Локализиране на дадена инсталация
	Транспорт	Избор на модел за транспортни услуги
	Съхранение	Изграждане/наемане на склад
	Управление на материалите	Избор на модел за управление на материалите
	Подобряване на качеството на доставките и обслужването	Формиране на стратегия за обслужване на клиента
	Обратна логистика	Създаване на система за управление на опаковки за многократна употреба
Брой участници	Проекти, реализирани от едно предприятие	Прилагане на техниката Канбан
	Проекти извършени пряко между връзките на веригата за доставки - доставчика - клиент	Организация и доставка за конкретен материал
	Междуведомствени проекти	Прилагане VMI концепция между

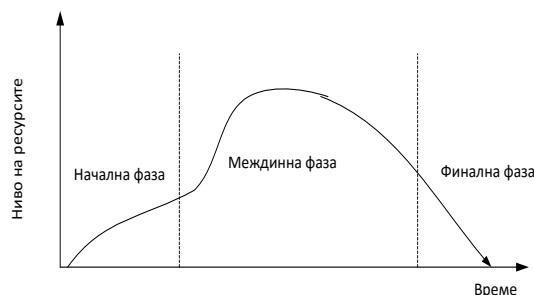
	- реализирани с няколко съдействащи организации като част от веригата за доставки	доставчик и получател
	Глобални проекти	Създаване на глобална мрежа от доставчици и подизпълнители, както и фирми сътрудничеси

Ограниченото наличие на необходимите ресурси за реализация на логистичните проекти и промяната в средата поставя изпълнението на проектите в значителен риск. За намаляване на риска при логистичните проекти и увеличаване на контрола върху неговото поведение може да бъде разделен на фази. Разделянето на фазите помага да се контролира определена фаза и етап на логистичния проект, както и да се контролира целият проект. Контролът може да се извършва след всеки етап, което ще разкрие последиците от предишната фаза и решението за преминете към следващата фаза (или да се прекрати проекта). В някои случаи е възможно, следващата фаза да започне преди предишната да е завършила. Такава ситуация е приемлива, когато рискът от незавършената фаза е ниска.

Въпреки, че много проекти могат да имат подобни имена на фази със сходни резултати, малко от тях са идентични. Някои от тях ще имат само една фаза, други логистични проекти ще имат много фази. [1]. Фигура 3 показва пример на жизнения цикъл на логистичен проект с три фази, които могат да имат различна продължителност и дължина. Много специалисти по управление на проекти се опитват да създадат модел на жизнения цикъл на логистичните

проекти. На практика това означава разделянето на жизнения цикъл на проекта на повече или по-малко фази [3].

При определянето на фазите на логистичните проекти може една организация да третира проучването на осъществимостта за обичайна предварителна работа по проекта, друга може да го приема като първата фаза на проекта, а трета може да третира проучването на осъществимост като определен самостоятелен проект.



фиг. 3. Модел на жизнен цикъл на проекта

По същия начин един екип може да раздели логистичния проект на две фази, а друг екип да избере да управлява цялата работа като една фаза. Всичко това зависи от естеството на конкретния проект и стила на екипа на проекта или организацията.

Ръководството на проекта предвижда цялостен, последователен метод за контрол на логистичния проект и осигуряване на неговия успех. Подходът на ръководството на логистичния проект трябва да бъде описан в плана за управление.

2. Контролът при логистичните проекти

Наблюдението и контролът на логистичните проекти е процес на проследяване, проверка и контролиране на напредъка в постигане на целите за изпълнение, определени в плана за управление на логистичния проект. Наблюдението включва отчитане на статуса, измерване на напредъка и прогнозиране. Отчетите за изпълнението представляват информация за изпълнението на логистичния проект по отношение на обхвата, графика, разходите, ресурсите, качеството и риска, която може да се използва като вход за други процеси. [1].

Всички логистични проекти трябва да разработят система за контрол, която да следи за изпълнението на проекта. Постигането на успех в управлението на логистичните проекти изисква способността да се планират проектните дейности и правилно да се прилагат. Фазовата структура предоставя съответната основа за контрол.

Спецификацията на логистичните проекти и тяхното уникалност прави рискът неразделна част от тези проекти. Нивото на тази несигурност е различна, в зависимост от вида, обхвата и размера на логистичния проект, провеждането и други фактори.

Нивото на несигурност е съответно високо в първия етап, т.е. на етапа планиране [7] и при всеки следващ етап намалява. Несигурността относно реализацията на логистичния проект намалява до нула в заключителния етап на реализация.

Вътрешните и външните фактори на даден логистичен проект също играят важна роля. Невъзможно е да се елиминира напълно несигурността, но може да се намали до минимум, като се вземат определени действия, като прилагане на правила, методи и механизми на управление [8].

Контролът е тази част от цялостния план за управление на проекта, която следи за правилното изпълнение на оперативните планове. Контролът е необходимо да осигури на ръководството инструменти, чрез които да могат да се определи дали проекта се приближава към планираните цели. Системата за контрол е необходимо да информира ръководителя на логистичния проект за отклонения от планираните резултати и важността или размера на тези отклонения. Препоръчително е да се прилагат корективни действия и алтернативни курсове на поведение. Контролът се използва като механизъм за привеждане на действителните резултати в съответствие с изготвените планове. На фигура 4 са представени етапите на процеса на контрол на проекта.

Процесът на контрол е важен и необходим елемент от управлението на логистичните проекти. Реалните системи за управление могат да включват в себе си няколко елемента на обратна връзка, което позволява при

необходимост да се идентифицират и да се отстранят измененията, възпрепятстващи постигането на проектните цели. Например при реализацията логистичния проект може да се сблъска с непредвидими обстоятелства, които не са били първоначално отчетени.



фиг. 4. Етапите на процеса на контрол на логистични проекти

На фигура 5 е показан пример за система с обратна връзка, която съдържа входни показатели, процес, изходни показатели и елементи на обратна връзка.



фиг. 5. Система за контрол с обратна връзка при логистични проекти

Управленският контрол използва събраната информация от извършеното до момента за разработване на необходимите бъдещи действия. Контролът трябва да бъде извършван на ранен етап – всяко отклонение трябва да бъде набелязвано и докладвано на ръководителя възможно най-бързо. Отклоненията трябва да бъдат идентифицирани достатъчно рано, за да могат да бъдат предприети корективни действия преди изпълнението на проектните дейности. Системата за контрол трябва да включва:

- детайлно планиране на проектните дейности;
- оценка на времето, ресурсите и разходите;
- отчет на фактическото изпълнение и разходите във времето;
- периодична оценка на времето и разходите, необходимо за изпълнение на дейностите;
- периодично сравняване на фактическото изпълнение и разходите с план-графика и бюджета.

Контролирането на логистични проекти може да има различен обхват. При определяне на обхвата и критериите за управление на логистичния проект се дефинират областите на управление на операциите в проекта.

Основната дейност на логистичните проекти, свързана с контролирането е контрола на действителните стойности и сравнение с

прогнозните стойности. Правилното функциониране и контролиране на логистичните проекти изисква достъп до информацията и данните, свързани с проекта. За тази цел могат да се използват инструментите за контрол на логистичните проекти, които са свързани с мрежовото планиране.

3. Инструменти за контролиране на логистични проекти

Инструментите за контрол на логистичните проекти, могат да бъдат използвани по време на целия жизнен цикъл на проекта. В първата фаза на жизнения цикъл на логистичния проект може да се използват техниките на мрежовото планиране. Когато продължителността на активност на логистичния проект е детерминирана и позната „Методът на критичния път“ (CPM - Critical Path Method) може да бъде полезен инструмент [2]. В детерминирани логистични проекти мрежовите техники CPM, всички параметри на мрежата (определяне на дейностите, последователност от действия и продължителност на дейностите) са дефинирани детерминистично. Стохастична мрежова техника е Техниката PERT (Program Evaluation and Review Technique), където продължителността на дейностите са със стохастични променливи [9].

Нека предположим, че времената за продължителността на логистичния проект не са определени. Времената за продължителност имат стохастичен характер. Таблица 2 представя спецификация на примерен логистичен проект. Нека разгледаме един логистичен проект за изграждането на складова база с конвенционален и климатизиран високостелажен склад с обособени зони за дълбокозамразени хранителни продукти. За да се изчисли общото време на реализация на логистичния проект се използва Методът PERT. Времето за оценка на даден логистичен проект по методът PERT е представен в Таблица 3. Общото време на продължителност на логистичния проект е над 57 седмици. Анализът на критичните и некритични работи показва, че има два критични пътя в логистичния проект. Забавянето на работата на критичния път означава удължаване графика на логистичния проект.

Таблица 2. Входни данни на логистичен проект

Дейности	Непосредствени дейности	Продължителност на времето (седмици)		
		Оптимистично време	Реалистично време	Песимистично време
A	-	11	12	13
B	A	2	2	3
C	A	8	10	11
D	A	4	5	6
E	C	2	2	3
F	B	8	10	13
G	E	1	1	2
H	E	4	5	6
I	D, F	2	2	2
J	G, H	5	6	7
K	G, H	5	6	8
L	J	6	7	9
M	D, J	3	3	4

N	K	4	5	6
O	M	2	2	3
P	D, M	3	4	5
Q	J, K, P	13	15	17
R	J, K, P	10	12	13
S	F, P	7	8	9
T	F, P	7	8	9
U	M, P	1	1	2
V	I	1	1	1
W	K, U, V	5	6	8
X	K	2	3	4
Y	S, T, W	1	1	1

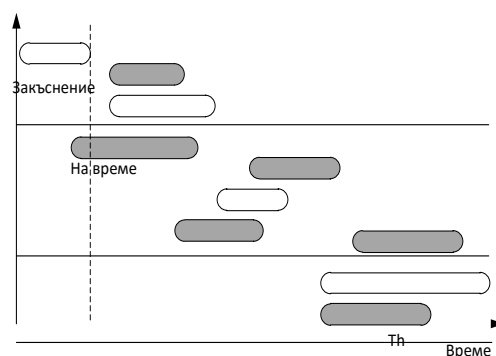
Моделите на CPM и PERT са разширени, за да представят времевите параметри [4]. Тези методи се основават на предишните но времевите характеристики и са заменени с числа. Такива множества са били прилагани при техниките за планиране въз основа на мрежовите графици от множество учени [10].

Таблица 3. Определянето на времето на логистичен проект по метода PERT

Дейност Име	Критичен път	Дейност Време	Най-ранно време за започване	Най-ранно време за завършване	Най-късно време за започване	Най-късно време за завършване	Резерв
A	ДА	12	0	12	0	12	0
B	НЕ	2,1667	12	14,1667	34,6667	36,8333	22,6667
C	ДА	9,8333	12	21,8333	12	21,8333	0
D	НЕ	5	12	17	30	35	18
E	ДА	2,1667	21,8333	24	21,8333	24	0
F	НЕ	10,1667	14,1667	24,3333	36,8333	47	22,6667
G	НЕ	1,1667	24	25,1667 7	27,8333	29	3,8333

H	ДА	5	24	29	24	29	0
I	НЕ	2	24,3333	26,3333	47	49	22,6667
J	ДА	6	29	35 3	29	35	0
K	НЕ	6,1667	29	35,1667	36	42,1667	7
L	НЕ	7,1667	35	42,1667	50	57,1667	15
M	ДА	3,1667	35	38,1667	35	38,1667	0
N	НЕ	5	35,1667	40,1667	52,1667	57,1667	17
O	НЕ	2,1667	38,1667	40,3333	55	57,1667	16,8333
P	ДА	4	38,1667	42,1667	38,1667	42,1667	0
Q	ДА	15	42,1667	57,1667	42,1667	57,1667	0
R	НЕ	11,8333	42,1667	54	45,3333	57,1667	3,1667
S	НЕ	8	42,1667	50,1667	48,1667	56,1667	6
T	НЕ	8	42,1667	50,1667	48,1667	56,1667	6
U	НЕ	1,1667	42,1667	43,3333	48,8333	50	6,6667
V	НЕ	1	26,3333	27,3333	49	50	22,6667
W	НЕ	6,1667	43,3333	49,5	50	56,1667	6,6667
X	НЕ	3	35,1667	38,1667	54,1667	57,1667	19
Y	НЕ	1	50,1667	51,1667	56,1667	57,1667	6

Основната част при контролирането на логистичния проект се състои в етапа на изпълнение на проекта. За контролиране на напредъка на работата на отделните работни дейности на логистичния проект може да се използва диаграмата на Гант. Диаграмата на Гант илюстрира графично проекта, като представя началните и крайните датите на логистичния проект. Диаграма на Гант показва взаимоотношенията между дейностите. Инструментът за контрол може да се използва за да покаже актуалното състояние на графика.



фиг. 6. Диаграма на Гант като контролиращ инструмент в етапа на изпълнение на логистичния проект

Фигура 6 представя един пример за логистичен проект. Диаграмата на Гант се състои от черни и бели барове. Черните ленти за всяка дейност показва некритични дейности, а с бяло са обозначени дейностите, които показва критичните работи. Анализът на диаграмата на Гант показва, че някои дейности са закъснели от планирания срок. Например, първата дейност стартира след време - по един ден по-късно от планираното време. Втората и третата дейността е започнала след планираното време. Забавянето в този случай е равно на 2 дни. Забавянето на дейностите има въздействие върху целия срок на логистичния проект. Разглежданият логистичен проект изостава от графика, което е важно да бъде обосновано от ръководителя на логистичния проект и да бъдат предприети коригиращи действия.

Контролирането на логистичния проект е процес на измерване на напредъка към обективно оценяване на това, което остава да се направи, и предприемане на необходимите коригиращи задачи за постигане или надвишаване целите на проекта.

За постигане на успеха на логистичния проект са разработени редица инструменти, както и процедури и техники, които заедно с общите управленски подходи и умения, дават възможност на проектния мениджър, да отговори на поставените критерии за разходи, време и производителност/качество по най-ефективен начин.

В заключение може да се отбележи, че е важно изграждането на система за контрол при управлението на логистичните проекти като се използват възможностите на мрежовото планиране. При проектирането на система за контрол е необходимо наличие на планове, информационна система и система за анализ на фактическите показатели и тенденциите за развитие. Основните изисквания към системата за контрол са следните:

- информацията да пристига навреме, в подходяща форма и да е насочена към ключовите проблеми;

- правилно да се определи честотата на наблюдението и характеристиките на наблюдаваните елементи;

- мониторингът да бъде извършван достатъчно често, за да могат да бъдат коригирани отклоненията от направените планове;

- да се предвидят финансови средства за осъществяването на мониторинга;

- системата да бъде икономична и да оправдава средства за нейната поддръжка.

Системата за контрол може да бъде създадена за подпомагане на управлението на логистичния проект, който чрез координиране планирането, контрола, събирането и обработката на информация, гарантира ефективното постигане на целите на логистичния проект по време на жизнения цикъл на проекта.

Литература

1. Ръководство за система от знания за управление на проекти (PMBOK Guide), Четвърто издание, 2011, София, изд. Класика и Стил“, с.44

2. **Chen S.-P.**, Analysis of critical paths in a project network with fuzzy activity times, European Journal of Operational Research, 183, (2007): 442–459

3. **Duncan W.R.**, A Guide to the Project Management Body of Knowledge, Project Management Institute, Four Campus Boulevard, (1996)

4. **Dhar V., Stein R.**, Intelligent decision support methods, The Science of Knowledge Work. Prentice Hall, New York, (2000)

5. **Kaplan R.S., Norton D.P.** Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System, Harvard Business Review, January-February, (1996)

6. **Kasperek M.**, Planning and organization of logistic projects, Publishing House of University of Economics in Katowice, Katowice, (2006) (in Polish)

7. **Kerzner H.**, Project management. A System Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. Second edition, Van Norstrand Reinhold Company, New York, (1984)

8. **Tang O, Musa S.N.** Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk

management, International of Production Economics, 133, (2011): 25–34

9. **Zare H.K, Ghomi S.M.T.F, Karimi B.**, Developing a heuristic algorithm for order production planning using networks models under uncertainty conditions, Applied Mathematics and Computation, 182, (2006): 1208–1218

10. **Chanas S., Kamburowski J.**, The use of fuzzy variables in PERT, Fuzzy Sets and Systems. 5, (1981): 11–19; Kuchta D., Use of fuzzy numbers in project risk (criticality) assessment, International Journal of Project Management, 19, (2001): 305–310

TOOLS FOR QUALITY CONTROL ON LOGISTICS PROJECTS

Maria Vodenicharova¹

¹Logistics department, University of National and World Economy, Bulgaria
e-mail: mvodenicharova@unwe.bg

Abstract: The article examined the general characteristics of logistics projects, the criteria for classification and types of logistics projects. Described the stages of process control logistics projects on the basis of which are presented control tools - Critical Path Method - CPM and Program Evaluation and Review Technique - PERT. The purpose of article is to provide these tools for quality control of logistics projects. The tools can be applied to the controlling process to support the management of logistics projects. Control process begins with the launch of the project and requires regular accumulation of information on the implementation of the project, a reconciliation of actual and planned indicators and the use of corrective measures. The controls must be implemented throughout the duration of the project. Analyzed information and data depend on the type, scope and scale of logistics in the project, the type of transport, capacity, delivery time, quality, etc.

Keywords: logistics projects, control, Critical Path Method, Program Evaluation and Review Technique - PERT

THE EFFECTIVE METHOD OF DISTRIBUTED DATA STORAGE THAT PROVIDES HIGH ACCESS SPEED AND LEVEL OF SAFETY

Artem VOLOKYTA Pavlo REHIDA Valerii SHYROCHYN Andrii NIKITIUK VU DUC THINH

National technical university of Ukraine "Kyiv polytechnic institute", Ukraine, Kyiv

e-mail: artem.volokita@kpi.ua

Abstract: We offered development method using a providers distributed cloud infrastructure systems for efficient data storage that provides high speed data access and good security. We developed a method for improving the efficiency infrastructure in cloud systems. It uses mixing of data when breaks them on blocks. Using distributed data storage gives high level of safety.

Key words: cloud computing, data storage, data protection.

Introduction. This paper proposes to create a "System of distributed data storage in the cloud" (SDDSC), which will help increase the effectiveness data storage in cloud. The scheme of use of distributed data storage in the cloud presented, where data are divided into blocks. This method mix data blocks to enhance the safety of data storage in not safe providers of cloud storage. The size of blocks, map of blocks along with other metadata and user data are recorded in SDDSC's database and then load the data directly to the cloud storage using access keys derived from SDDSC.

The system can use any number of cloud storage providers and expand the list of repositories that works with a system by using common interface. To add a new provider as the back-end user need to implement a common interface and register a new back-end in the system. Also user have to specify parameters. The system will consider these parameters to meet the needs of users.

Due to the distributed data storage, system's fault tolerance decreases at times, obviously you need to perform artificial measures to increase it. Such measures will include data replication.

Algorithm for secure distribution of data. The proposed method of distributed data storage provides distribution data into blocks and storing individual blocks in various cloud storage. Data need to be distributed, so that even getting some data blocks can't be said what was in the head of the file, and there would be no possibility to restore content even partially, without all blocks. This will provide high safety data since not all cloud storage providers provide high security while storing data of users.

To solve the above problems, this paper proposes to use effective and safe of modification algorithm ESSA [1] for the distribution of data in distributed storage systems. This algorithm uses the known NP-complete problem of finding the horse way (knight's tour problem) [2] on the board for chess to create a two-level coding. This algorithm mixes twice original data, separating into fragments. The algorithm has a large space for setting the path, even more than in the schema AES-256. This kind of 1-N-N threshold scheme. Experimental results show that temporal efficiency of algorithm is higher, than algorithm of encryption algorithms for data erasure codes and secret distribution algorithm.

The problem is finding horse way - a very old chess problem that has been demonstrated by Euler on a chessboard 8×8 in 1759. It is proved that on the rectangular board size more than 5, horse ways are present, but the actual number of them difficult to calculate.

Fig. 1 shows the horse way on a chess board measuring 8×8 . It starts at the point with coordinates (1, 5) and ends at coordinates (4, 5).

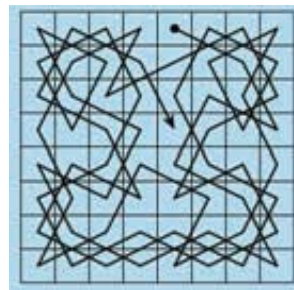


fig. 1. The horse way on an 8×8 matrix

The problem is finding a way the horse has some good properties that are very suitable for the development of the algorithm separation data.

- First, a matrix way a horse can be very broad. It has been proved that the matrix be sufficiently great to use in this algorithm.
- Second, the horse will always have a way from one point to another in any kind of $m \times n$ matrix if $m > 5$, $n \geq 5$, and the number of paths is quite huge. Recently Ernesto Mordetski [3] found $1,305 \times 1,035$ different ways to fireclay board size 8×8 , and is known as the most accurate calculation.
- Third, the problem of horse way the is a kind of NP-complete problem. It is almost impossible to find all horse ways the on the board from one point to another in linear time.

Such properties are suitable for safe use. If you use a horse way for distributing data, you will get a huge number of key spaces. Algorithm mixes blocks with fixed length after the distribution of source object data by horse way. But every data block with fixed length, as before, will contain a continuous array of bytes of input data, and if the attacker receives the data, it will contain a piece of information. To fix it, algorithm collects all fixed blocks and makes second level data distribution to protect it again. Then each data store does not contain object's continuous array of bytes and even attacker get data from one repository, he can't get meaningful information.

We note several concepts:

Distribution parameter consist of:

- The size of the matrix $m \times n$;
- S coordinates launch $S(i, j)$, $0 < i \leq m, 0 < j \leq n$;
- P start position $(x, y) \in (i \pm 1, j \pm 2) \cup (i \pm 2, j \pm 1)$.

Then the system can find a horse way t on matrix.

Segments: algorithm takes the object's original data as a stream of bytes and breaks it into blocks with fixed length. These blocks are segments. Each segment has a size $m \times n$, and if the number of bytes of data source object is N , the total number of segments will be $N / (m \times n)$.

Matrix mixing: matrix mixing is $m \times n$ matrix that contains the segment data, and distribution of data in matrix made by horse way in matrix.

Cube of distribution: a cube distribution formed by gathering K matrixes mixing parallel in order to each segment.

Fragments: fragments - a piece of data created by cube of distribution in the direction perpendicular to the plane of the matrix mixing. The algorithm divides source data object in $m \times n$ pieces, each containing $N / (m \times n)$ bytes of data.

Consider the details of the algorithm.

Fig. 2 shows a specific process data splitting algorithm. It consists of two levels of mixing. First, the original data object split into segments, each segment has a size $L = m \times n$. Each segment is mixed with a horse way matrix mixing. Then all the segments are going to create a cube distribution, which is shown in Fig. 1. The data is separated using cube distribution. Finally, we get the final pieces of data and manage the settings for each fragment for reconstruction. Fig. 2 shows the two levels of distribution.

Algorithm stages:

1) Choosing algorithm settings that user wants. The system then finds a horse way t for matrix. There are three rules that can help in choosing the parameters of the matrix. Under these rules, you can select the options you want. First, user can select number of fragments, which is $m \times n$. Secondly, $m > 5$, $n \geq 5$, or there will be no horse way. Third, the length of each piece is $L = N / (m \times n)$ (N represents the number of bytes of data source object), so you can choose the $m \times n$ accordance with the needs of the length of the fragment L .

2) First level of distribution. All the horse ways are pre-calculated and stored in memory. After selecting options of algorithm chosen the right horse way accordance to parameters and creates a display list $H[i]$, $0 < i \leq m \times n$, " i " indicates the number of a horse's way step, and $H[i]$ recorded the coordinates of steps in a matrix, so the horse way can be represented as $H[1], H[2], \dots, H[m \times n]$. The algorithm divides data source object into segments with fixed length, and the length of each segment is $m \times n$, and creates an L matrix mixing $C_j[m][n]$, $0 < j \leq L$. Then algorithm reads the i byte of j segment and puts it in a matrix $C_j[H[i] / m][H[i] \bmod m]$. At this level the algorithm switches parallel segments which have continuous byte matrix mixing. Second level of distribution

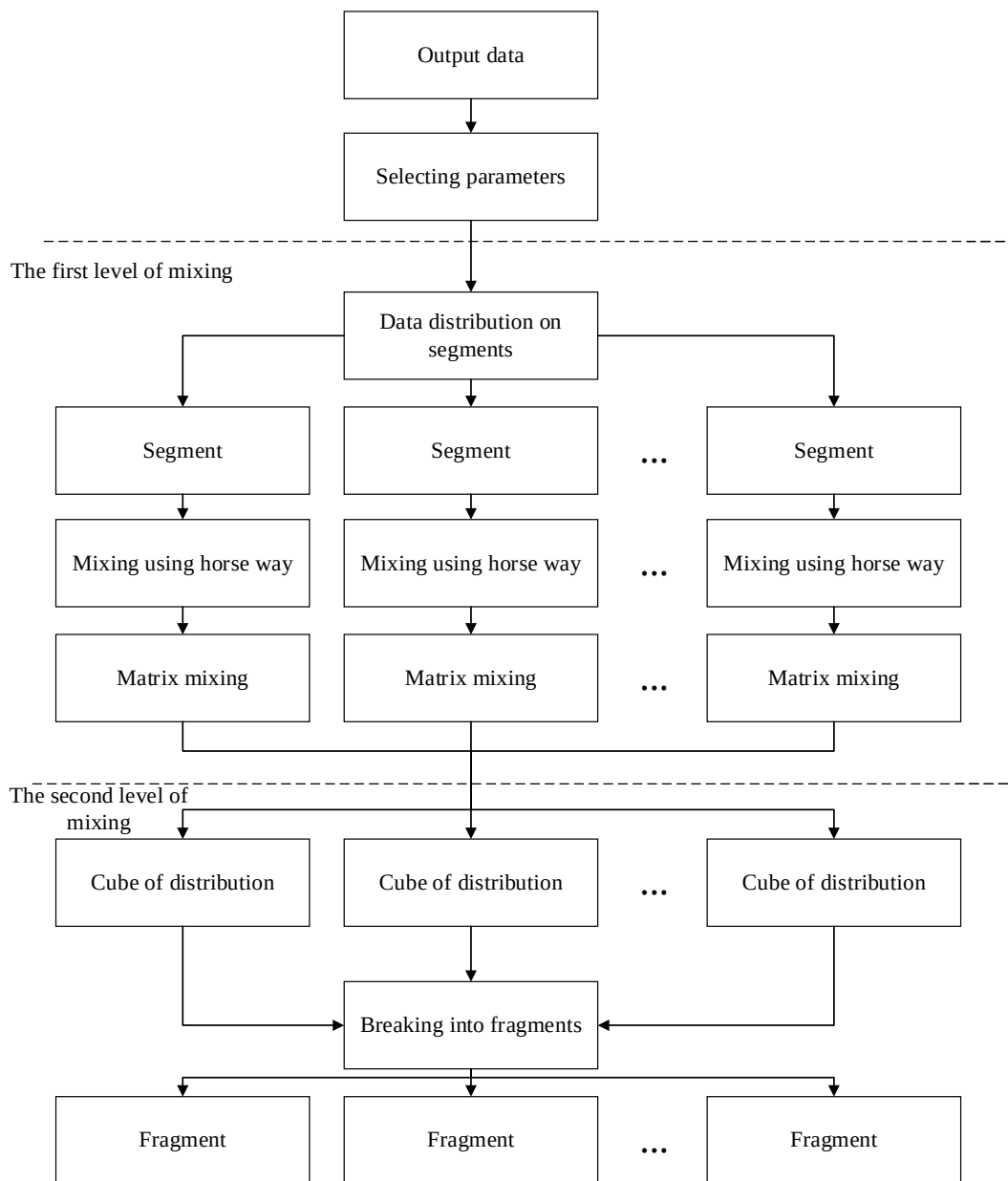


Fig. 2 Process of distributing

3) Algorithm gather every K matrix mixing and places them parallel to the coordinate plane in order XOZ segments. Then the algorithm creates a cube of distribution in XYZ coordinates space and separates it into a $m \times n$ pieces

that are perpendicular to plane XOZ coordinates. After algorithm converts the source data into blocks containing one byte of each segment that is separated from the data source object.

Fig. 3 shows matrix H, which presents the horse way that is depicted in Fig 1. The letter S is the starting point and the letter F -final.

(2; 3)	(2; 4)	(3; 4)	(2; 2)	S(2; 7)	(3; 5)	(2; 5)	(2; 6)
(1; 3)	(4; 1)	(4; 2)	(4; 5)	(3; 3)	(4; 7)	(4; 8)	(1; 6)
(1; 2)	(1; 1)	(1; 4)	(5; 3)	(5; 6)	(5; 5)	(1; 8)	(1; 7)
(6; 2)	(2; 1)	(3; 1)	(3; 2)	F(1; 5)	(3; 8)	(2; 8)	(3; 6)
(6; 3)	(6; 4)	(6; 1)	(6; 6)	(6; 7)	(6; 8)	(6; 5)	(3; 7)
(8; 2)	(8; 1)	(4; 4)	(4; 3)	(4; 6)	(8; 5)	(8; 8)	(8; 7)
(5; 2)	(5; 1)	(5; 4)	(8; 6)	(8; 3)	(8; 4)	(5; 8)	(5; 7)
(7; 3)	(7; 4)	(7; 1)	(7; 2)	(7; 7)	(7; 8)	(7; 5)	(7; 6)

Fig. 3. Showing the horse way in the form of a matrix H.

The algorithm of efficient storage choice. The algorithm of efficient storage choice. The main function of the program is the choice of storage for distribution of files. Moreover, do not just choose the list of storage but also the distribution sizes of files in each storage for the most efficient use of distributed storage and to achieve the main objectives of the user.

To solve this problem, it is necessary to create a mathematical model based on the list of available cloud storage and their parameters (reliability, security, latency and prices) that will solve the mathematical expression and provide list of profiles for a user. Profiles are multiple sets of these parameters, among which the user needs to choose one mode. User's data will distribute in selected mode on cloud storage.

Basic parameters:

l_i – the amount of data stored in provider 'i'.

N – the number of providers that store data.

S - factor of safety data, which is the sum of the coefficients of safety of each cloud provider, SDDSC's coefficient of safety and coefficient of safety of the user password in SDDSC. Hash of the user password used to encrypt matrix mixing and to encrypt file's metadata. Metadata is a list of cloud providers, file names in storage and the map of distribution file's blocks among providers of cloud storage. That's why complexity of the password affect on the safety of the system.

$$S = \sum_{i=0}^n S_i + S_{SDDSC} + S_{pas}$$

S_i – this is coefficient of safety of one cloud provider, who keeps part of the blocks;

S_{SDDSC} – a coefficient of safety of SDDSC;

S_{pas} – a coefficient of safety of the user password because it is used to encrypt SDDSC 's information, without which it is impossible to combine file.

A – coefficient of data access speed, it depends entirely on the quality of the data link between the user and the provider of cloud services. As the speed of data access affect retrieving data, we will calculate the data availability criteria as follows:

$$A = \sum_{i=0}^n L_i + l_i / I_i$$

L_i – the delay between the user and 'i' provider of cloud services.

I_i – highest possible speed of the channel between cloud service provider and the user.

On this basis we use the algorithm to improve only some coefficients, leaving the rest the same.

Architecture of system

We designed a system of distributed storage in cloud storage, which consists of two parts - the client module and server module.

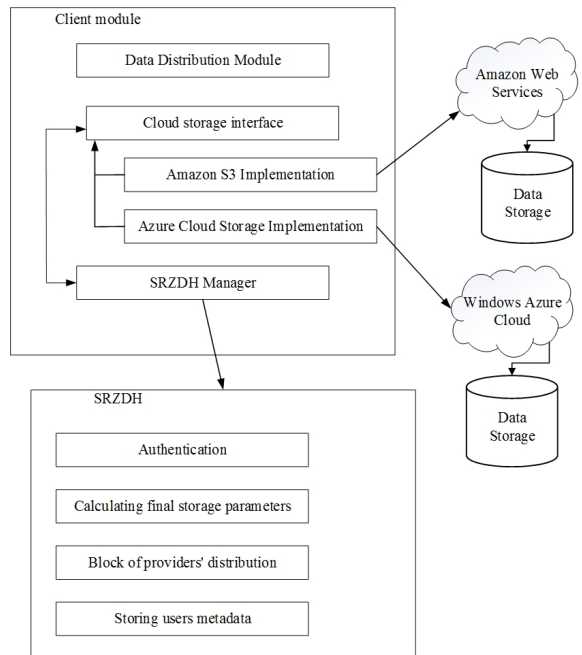


Fig. 4 Architecture of the system for distributed data storage.

Figure 4 shows architecture of the system for distributed data storage. The system consists of two separate parts - the client module, which has functions of safe distribution of files, transparent load them into provider's storage and work with the server module.

Client module creates an abstraction of cloud storage and has implementations of this abstraction for cloud storage such as Amazon and Microsoft, and implementation for work with SDDSC.

SDDSC Manager works with distributed storage system and performs the following functions:

- Passage of authentication;
- Downloading the structure of directory and file from storage of the current user;
- Downloading the matrix mixing and map of fragments distribution when downloading a file in storage and from storage to the user's computer;
- Selecting mode of storage (highest access speed or highest level of safety) and receiving the final system parameters.

SDDSC server module performs the following functions:

- Conducting user authentication;
- Selection of providers and sharing of data between them;
- Calculation of storage's final parameters;
- Keeping directory structure and file in storage and metadata.

Since it is very difficult to maintain the integrity according to the type of local file system with using cloud storage, the SDDSC, as well as Amazon S3 and Azure Cloud Storage, use a limited set of operations on files:

- Create a file (or completely overwrite the old file by new one)
- Move or copy the file;
- Delete the file.

This simplifies system architecture and reduces overhead on its use.

Means distributed storage based on Amazon S3

Amazon S3 support tens of thousands of computer systems worldwide to provide infrastructure for scalable storage. This approach offers low latency data access, eternal data storage and 99.99% availability of data [4]. Reported that S3 maintains more than 800 million data objects [5].

Authentication: clients are authenticated using the public / private key and authentication schemes based on input hash code message (HMAC [6]). Also, the user is assigned a secret key: AWS Secret Access Key, that was created by Amazon during registration. Both keys are stored permanently on Amazon and can be restored through the mechanism of web access provided at Amazon Web Services. Thus, although cryptography uses public and private keys solution properties belonging to the secret distribution scheme.

In this paper we will use the REST protocol because it is the easiest and most popular: about 85% of requests is REST protocol [7].

Let us calculate parameters provider of cloud storage Amazon.

Calculation data access speed.

To assess the speed of access to data stored in S3 from the customer's perspective, we need to compare the download object four different sizes of 100 KB, 1 MB, 10 MB and 100 MB. The dataset includes 21 experiments (3 times daily for 7 days) to remove variability due to congestion of Internet traffic. Experiments show that the time of day affects the speed of data access.

Since the present system of distributed data warehouse will be used in Ukraine, the measure will be on computers located in Ukraine. For experiment we used 3 computers, located in different parts of Kyiv connected to different network access providers.

The two main components that affect the speed of data access is are time connection and channel load:

1) Time connection L depends on network delays and the time required for authentication and overhead protocol SOAP / REST.

2) Bandwidth channel access. As expected, transmission capacity to access data depends on the location of the customer, characteristics of the channel of access and network load.

Summing up, we assume the coefficients L_i (time delay) equal to 441 ms for Amazon S3 and I_i (capacity) equal to 1.54 Mbit / s.

Calculating security parameters.

Security model proposed by S3 has an important advantage - simplicity. Simplicity however, gives limited support for large programs, that aim to control access to information resources, used by

some participants. We will show these restrictions below:

- Rough scheme for access control: access control decisions based on access control lists is not good scalable in the management of large systems with thousands of users and millions of people. Furthermore, S3 supports only a limited number of access rights (there is no management of recording on the level of a particular object, but only at baketa level) and access control lists limited in size (up to 100 users)
- No support for fine-grained delegation: even medium-complex applications with large data now use delegation for effective management and data processing. For example, users delegate access to certain data sets for applications that operate on their behalf on remote computers. Higher risks (associated with costs) tells us that S3 needs adequate control and delegation mode.
- Complete trust: users must trust fully S3 because cloud storage does not give any details about transactions. That way user can not submit documents signed by a third party to demonstrate that he has kept specific data in cloud storage S3.

In addition, requests to S3, which are recorded in a log audit are not signed by users. This can lead to that audit can be canceled or meaningless.

- Unlimited risk: S3 does not offer any mechanism to support user-defined limit, such as quotas (the owner baketa). As a result, the potential damage that an attacker can do if he has a right to read / write data or some errors in code, will cost a lot for a customer.

Based on this situation, Amazon S3 has only basic storage security. That is his assessment will be equal 1.

Means distributed storage based on Microsoft Blob Storage Windows Azure Storage (WAS) is a scalable cloud storage system. It is used inside Microsoft for their own programs. WAS provides data storage in the cloud in the form of blobs (user files), tables (structured storage) and queues (message delivery). WAS important feature is - the ability to store and share vast amounts of data (exabytes more). Currently, the Azure cloud storage has a 70 petabytes of data and is in the process of preparing several hundred petabytes for customers.

Calculation speed data access.

Calculation speed data access will be done using the same method that was used in the calculation of Amazon S3.

Calculate the two main components that affect the speed of data access - a connection and downloading channel.

1) The L connection depends on network delays and the time required for authentication and overhead protocol REST.

2) Bandwidth channel access. As expected, the observed transmission capacity to access data depends on the location of the customer, the channel characteristics of access and network load.

Summing up the rate of speed of access to the file, we assume the coefficients L_i (time delay) equal to 2668 ms for Azure Cloud Storage and I_i (extraction) equal to 0.079 Mbit / s.

Calculation of the security.

Azure Cloud applies security mechanisms at different levels of cloud, to implement information security on a deep level [9]. These multilevel mechanisms include:

- Physical security data centers (locks, cameras, biometric devices, card reader, alarm)
- Firewalls, gateways and IDS applications for network security
- Access Control Lists (ACL - Access Control Lists) that apply to virtual LANs (VLAN) and programs
- Authentication and authorization of people and processes that request access to data
- Strengthening the protection of servers and operating systems
- Excess infrastructure of internal and external DNS with limited right of entry
- Ensuring the safety of virtual machines
- Securing static and dynamic storage devices

All Azure Cloud resources are divided into categories based on levels of information security required, depending on the extent of potential losses. Highly valuable assets are protected more strictly, for example, using multifactor authentication (smart cards, biometrics, hardware tokens). Also implemented the principle of least privilege.

The online services Microsoft used the principles of safe development cycle of software - Security Development Lifecycle (SDL) (safety in the design, safety and security by default during installation and interaction) to online services.

Windows Azure is installed in data centers Global Foundation Services and therefore benefits from network security provided by GFS. Ensuring data security program at the programs is the responsibility of application developers. Thus, it is the application developer determines whether data should be encrypted.

Given the above, it is possible to assess the security of data storage in Azure Cloud storage equal to 1.8.

Description of the experimental environment

For comparative analysis was chosen 2 options for using SDDSC. This options provides increasing data protection and speed access. Experiment is a test that download files of different sizes - 100 KB, 1 MB, 10 MB and 100 MB from distributed cloud storage, which is realized by the proposed method; and to compare with tests for direct upload files directly from the server cloud storage providers. Testing conducted on 3 different computers located in the city. Kyiv and connected to different network access providers. All tests were conducted using the identical configuration for cloud storage. Were offered two tests with different parameters for distributed storage in cloud:

Test 1: Increase the speed of data access. The files are divided into N fragments. Fragments are sent to only those storages, which have the highest speed data access. Also the advantage of multi-channel access is used, that's why data is also sent to the slower storage, if speed of download fragments from each storage should not be much different.

Test 2: Increasing security settings. The files are divided into N fragments. Fragments are divided equally among the list of the repositories that is available, it reduces the probability of disclosing sensitive data and provides a good level of security of data stored in a distributed storage.

To compare the efficacy parameters were selected such as: reliability, security, speed of access and file download time.

Thus, in various ways of using distributed cloud storage we evaluated the effectiveness of storage on various parameters.

Experimental infrastructure was build and it is showed in Fig. 5.

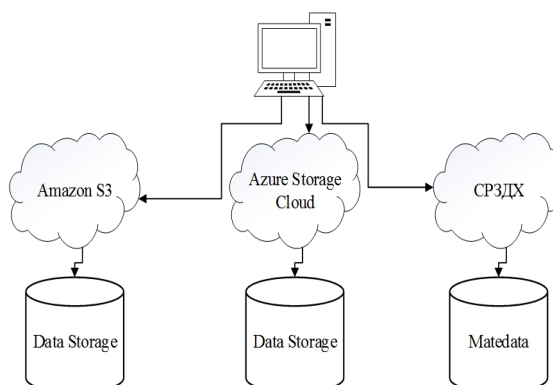


Fig. 5. Scheme of experimental infrastructure

Computer user uses a special module that is performing partitioning files into fragments and load them using the map of fragments distribution that it receives from the server SDDSC. Thus the storage of files is entirely dependent on the settings of the server and mode of the system that selects a customer with their needs and can easily change settings for distribution of files without changing the code using the same interface access to cloud providers.

Analysis of the results

As a result of the experimental research were constructed graphs. They show dependencies between main indices of performance and distributed mode chosen

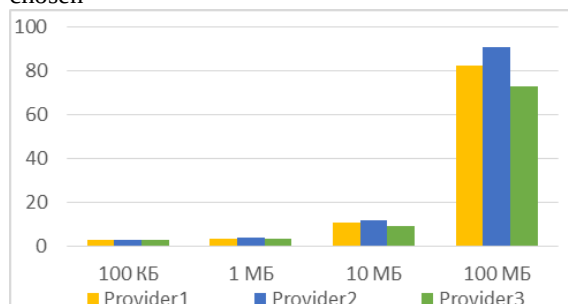


Fig. 6. Dependence between practical access speed and file size when using the "Maximum speed access"

From Fig. 6 can be seen that the mathematical model When using the "Maximum speed access" reflects the real situation. Practical speed data access increased 22% on large files and 3 times for small

files than using a single data storage. This increase in access speed can be explained by large delays while using cloud provider Azure Cloud Storage, which subtract more time, rather than load time. Security level is 4.8.

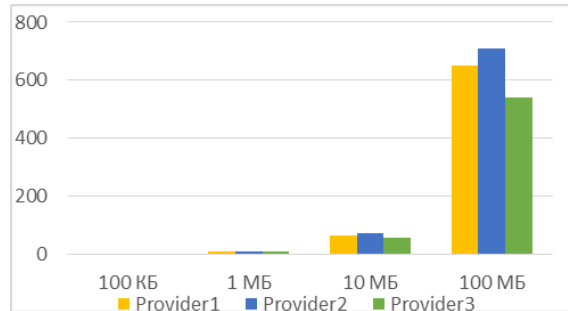


Fig. 7. Dependence between practical access speed and file size when using the "Maximum Data Security"

From Fig. 7 can be seen that the mathematical model When using the "Maximum Data Security" reflects the real situation. Access speed decreased by 6 times compared to Amazon, and increased 2-fold compared with the Azure Cloud. These results can be explained by the large difference in access speed between cloud storage providers Amazon S3 and Azure Cloud Storage. The level of security in this case is 4.8.

Depending on the mode it allows you to:

- Increase the speed of access to data by 22% compared to Amazon;
- Increase the total combined level of secure storage to 4.8, as in a distributed storing is necessary to gain unauthorized access to all providers where file content is stored;
- Reduce the cost of storage to the cheapest, selected from the list of providers.

Conclusion:

We made experimental research - testing the performance of the proposed system while downloading files that are stored in a distributed cloud storage. Developed a software that allows you to perform a distributed data store on multiple storages using secure distribution of data into

fragments, which is not allow to recover the original file contents without having all the parts of the file, size of the fragment and matrix mixing. This system allows to chose storage cloud provider and fragments of the data that is sent on each repository based on user needs.

References

1. ESSA: An Efficient and Secure Splitting Algorithm for Distributed Storage Systems. / Zhao C., Wenbin Y., Da X., Chunhua W., Jianyi L., Cong W. : China Communications, 2010.
2. Ian Parberry. An efficient algorithm for the Knight's tour problem. / Parberry I.: Discrete Applied Mathematics 73, pp. 251-260, 1973.
3. Philip Hingston. Enumerating knight's tours using an ant colony algorithm. / Hingston P., Kendall G. : The 2005 IEE congress on Evolutionary Computation. IEEE Press, 2005, pp. 1003-1010.
4. Amazon Web Services: Main page: <http://s3.amazonaws.com>
5. Amazon Web Services: Amazon S3: Developer Guide, March 2006.: <http://developer.amazonwebservices.com/connect/servlet/KbServlet/download/123-102-1008/s3-dg-20060301.pdf>
6. Henryk Krawczyk. HMAC: Keyed-Hashing for Message Authentication. / Krawczyk H., Bellare M., Canetti R. : IETF - Network Working Group, February 1997.
7. OreillyNet: REST vs. SOAP at Amazon.: <http://www.oreillynet.com/pub/wlg/3005?wlg=yes>
8. Windows Azure Storage: A Highly Available Cloud Storage Service with Strong Consistency. / Calder B., Wang J., Ogus A., Nilakantan A., Skjolsvold A. : SOSP '11 Proceedings of the Twenty-Third ACM Symposium on Operating Systems Principles, pp. 143-157 – ISBN 978-1-4503-0977-6.
9. Nabil Ahmed Sultan. Reaching for the "cloud": How SMEs can manage. / Sultan N. A. : International Journal of Information Management, Volume 31, Issue 3, Pages 272–278, June 2011.

THE EFFECTIVE METHOD OF DISTRIBUTED DATA STORAGE THAT PROVIDES HIGH ACCESS SPEED AND LEVEL OF SAFETY

Artem VOLOKYTA, Pavlo REHIDA, Valerii SHYROCHYN, Andrii NIKITIUK, VU DUC THINH.

National technical university of Ukraine "Kyiv polytechnic institute", Ukraine, Kyiv

e-mail: artem.volokita@kpi.ua

Abstract: We offered development method using a providers distributed cloud infrastructure systems for efficient data storage that provides high speed data access and good security. We developed a method for improving the efficiency infrastructure in cloud systems. It uses mixing of data when breaks them on blocks. Using distributed data storage gives high level of safety.

Key words: cloud computing, data storage, data protection.

МАТЕМАТИЧЕСКО МОДЕЛИРАНЕ И АНАЛИЗ НА ЕДНОЕНЗИМЕН БИОСЕНЗОР ПРИ ПИНГ-ПОНГ ЕНЗИМНА КИНЕТИКА

Николай СТОЯНОВ Антония ПАНДЕЛОВА

Катедра „Електроизмервателна техника“, Технически университет – София, България

e-mail: n_stoyanov@tu-sofia.bg, e-mail: apndelova@tu-sofia.bg

Резюме: В настоящата работа е извършено математическо моделиране на процесите в едноензимен биосензор за установен режим на измерване при двусубстратна пинг-понг ензимна кинетика. Избран е амперометричен косубстрат чувствителен вариант. В програмната среда MATLAB е разработен симулационен модел, чрез който системата от обикновени нелинейни диференциални уравнения от втори ред за субстрата, косубстрата и продукта е решена с помощта на числено интегриране по метода на крайните елементи. Получена е функцията на преобразуване на биосензора за пинг-понг ензимна кинетика. Изследван е изходният сигнал от амперометричния биосензор за три различни начални концентрации на косубстрат.

Ключови думи: едноензимен биосензор, пинг-понг ензимна кинетика, математически модел, симулационен модел

1. УВОД

Разработването на нови методи и средства за качествен и количествен анализ на вещества е водеща тенденция в развитието на аналитичните измервания. Сериозни перспективи при определяне на концентрации на различни субстанции се залагат на биосензорите и биосензорните системи [1]. Основно те намират приложение в областта на медицината, биотехнологията, екологията и хранително-вкусовата промишленост. В конструкцията си биосензорите включват комбинация от биологичен материал и физикохимичен преобразувател. Биологичният елемент притежава свойството да разпознава и реагира с измерваното вещество. Вследствие на биохимична реакция се променя определен параметър, който от физикохимичния преобразувател се трансформира в електрически сигнал. Големината на получения сигнал е пропорционална на концентрацията на анализирания материал. Основното предимство на биосензорите се изразява в получаване на аналогични метрологични характеристики (точност, чувствителност и др.) по отношение на стандартните аналитични техники, като спектрофотометрични, хроматографски и маспектрометрични методи, но при многократно по ниска цена.

За успешното разработване и приложение на биосензорите в практиката основен въпрос

представлява тяхното теоретично описание [2]. За да се прогнозира характеристиките на тези устройства е необходимо да се създаде адекватен математически модел на процесите, протичащи в зоните на биологичния материал. Оказва се, че това е трудна задача, обусловена от сложните процеси, свързани с разпознаване и взаимодействие с измерваното вещество. Биологичните материали, които се използват като разпознавателен елемент могат да бъдат ензими, микроорганизми, тъкани, антитела, ДНК или РНК структури [3]. По-голямата част от разработваните биосензори, функционират на базата на една или няколко ензимни реакции.

Процесите, протичащи при едноензимните биосензори се описват с помощта на система от частни нелинейни диференциални уравнения от втори ред за субстрата и продукта от реакцията. За установен режим на измерване уравненията се преобразуват в обикновени диференциални нелинейни уравнения. Моделирането зависи основно от вида на възприетата ензимна кинетика – първи ред, Михаелис-Ментен, пинг-понг кинетика [4]. Точни аналитични решения системата уравнения има единствено, когато скоростта на ензимната реакция е от първи ред. Тя е валидна само за малки концентрации на субстрат, като функциите на преобразуване са линейни и описват само началната зона на характеристиката вход-изход. При този вид ензимна кинетика не може да се

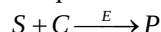
направи точен анализ за възможностите на биосензорите. В общия случай при по-сложните видове ензимна кинетика точни аналитични решения няма. Математическите модели на процесите се усложняват значително в случаите на двусубстратна пинг-понг кинетика, когато е налице и лимитиране на скоростта на реакцията по отношение на косубстрат. За определяне на концентрационните профили и функцията на биосензора се използват различни методи за числено интегриране [5,6].

Целта на настоящата работа е да се моделира и изследва едноензимен амперометричен биосензор в установен режим на измерване за пинг-понг ензимна кинетика. Да се направи симулационен модел, чрез който да се получат разпределенията на субстрат, косубстрат и продукт в активната мембрана и да се прогнозира поведението на биосензора за различни концентрации на косубстрат.

2. МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛ НА ЕДНОЕНЗИМЕН БИОСЕНЗОР ЗА ПИНГ-ПОНГ ЕНЗИМНА КИНЕТИКА

Едноензимният биосензор включва в конструкцията си активна мембрана, съдържаща биологичен материал, диализна мембрана и амперометричен електрод [7].

При потапяне на биосензора в анализираната среда, започват процеси на дифузия на определяното вещество S през диализната мембрана. При достигане на S до зоната с биологичен материал, освен дифузия започва и ензимно-катализирана реакция. При участие и на косубстрат, реакцията протича по следната схема:



Тук с E е означен ензима, S е косубстрата, а P е продукта на ензимната реакция.

Скоростта на катализираната реакция при двусубстратна пинг-понг ензимна кинетика в безразмерни координати се определя съгласно израза:

$$V(S, C) = \frac{\Phi^2}{1 + 1/S + 1/C}$$

Процесите в активната мембрана на едноензимния биосензор се описват с помощта на система обикновени нелинейни диференциални уравне-

ния от втори ред, която в безразмерни координати има следния вид [4].

$$\begin{aligned} \frac{d^2[S]}{dx^2} - \frac{\Phi^2}{1 + 1/S + 1/C} &= 0 \\ \frac{1}{\mu\rho} \frac{d^2[C]}{dx^2} - \frac{\Phi^2}{1 + 1/S + 1/C} &= 0 \\ \frac{1}{\lambda} \frac{d^2[P]}{dx^2} + \frac{\Phi^2}{1 + 1/S + 1/C} &= 0 \end{aligned}$$

Комплексният параметър Φ^2 се нарича модул на Тиле и представлява отношението на време-константите на дифузия и ензимна реакция:

$$\Phi^2 = \frac{l^2}{D_s} \frac{V_m}{K_m}$$

Означенията в горните уравнения са следните: x – безразмерна координата; $\mu = D_s/D_c$, D_s – дифузионен коефициент на субстрата, D_c – дифузионен коефициент на косубстрата; $\rho = K_m/K_c$, K_m – константа на Михаелис за субстрата, K_c – константа на Михаелис за косубстрата; $\lambda = D_s/D_p$, D_p – дифузионен коефициент на продукта; l – дебелина на активната мембрана; V_m – максимална скорост на ензимната реакция; Изходният ток, представен в размерни координати има следния вид:

$$I_p = n.F.A.D_c \left. \frac{d[C]}{d\delta} \right|_{\delta=0}$$

Тук n представлява броят на електроните, участващи в електрохимичната реакция; F е константата на Фарадей; A е площта на катода; δ е размерната координата.

Процесите протичат при следните гранични условия за двете страни на мембраната, означени с 0 и 1:

$$x = 1, S(1) = S_0, C(1) = C_0, P(1) = 0$$

$$x = 0, \frac{dS}{dx} = 0, \frac{dC}{dx} = 0, P(0) = 0$$

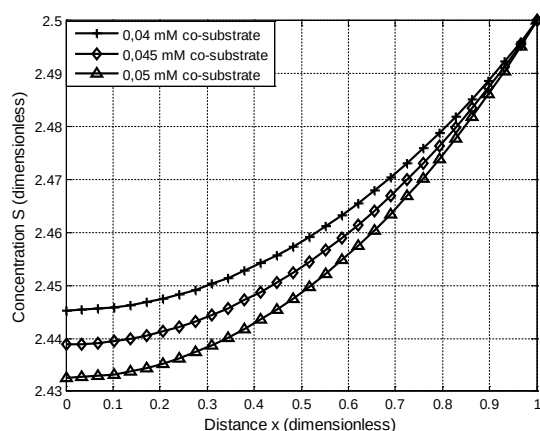
3. СИМУЛАЦИОННИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

За провеждане на симулационните изследвания е използван програмния продукт MATLAB 7.1. Системата от обикновени нелинейни диференциални уравнения от втори ред е решена с помощта на числено интегриране по метода на крайните елементи [8]. За целта се извършва

дискретизация на уравненията, като след подходящи субституции, системата се свежда до уравнения от първи ред. С функцията BVP4C, използвана за решаване на двуточкови гранични задачи е създаден симулационен модел на едноензимния биосензор за пинг-понг ензимна кинетика в установен режим на измерване [9].

Симулационният анализ е проведен при следните постоянни параметри и константи: $K_M = 2 \cdot 10^{-4} \text{ M/m}^3$ - константа на Михаелис за ензимната реакция; $K_C = 5 \cdot 10^{-4} \text{ M/m}^3$ - константа на Михаелис за косубстрата; $V_m = 5 \cdot 10^{-5} \text{ M/s}$ максимална скорост на ензимната реакция, $D_S = 6 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ - дифузионен коефициент за субстрата; $D_C = 5 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ - дифузионен коефициент за косубстрата; $D_P = 6 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ - дифузионен коефициент за продукта, дебелина на активната мембрана $l = 70 \text{ }\mu\text{m}$; $n = 2$; $F = 96485 \text{ C/mol}$ - константа на Фарадей; $A = 7,85 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$ - площ на катода на индикаторния електрод.

Разпределенията на субстрат в активната мембрана за три различни количества косубстрат са показани на фиг.1.



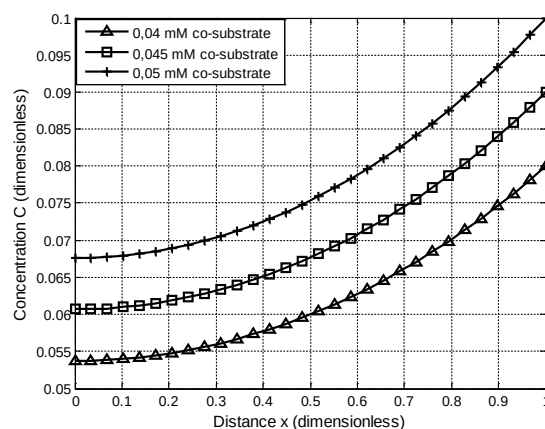
фиг. 1. Разпределение на субстрат в зависимост от концентрацията на косубстрат

Началната размерна концентрация на субстрат S_0 в изследването е $0,5 \text{ mM}$. Трите зададени стойности на начална концентрация на косубстрат C_0 за съответно – $0,04 \text{ mM}$, $0,045 \text{ mM}$ и $0,05 \text{ mM}$.

От фигурата може да се определи, че от полученото решение на двуточковата гранична задача за уравнението за субстрата, разпределени-

ето му в зоната на биологичния материал представлява нелинейна функция. Ясно се вижда силното влияние на минималните отклонения на концентрацията на косубстрат – $0,005 \text{ mM}$ върху разпределението на субстрата. Характерно за този вид ензимна кинетика е високата активност и значителното изчерпване на субстрата, което води до рязкото спадане на големината на концентрацията, веднага след навлизане в зоната на активната мембрана.

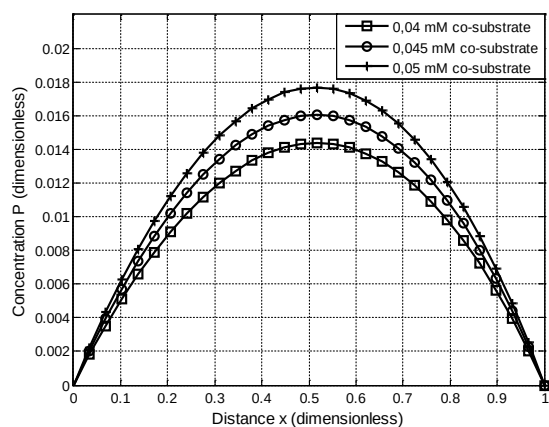
На фигура 2 са показани разпределенията на косубстрат в зоната на биоматериала. Трите функции, показани в безразмерни координати отново са нелинейни, като в изследването са зададени същите стойности на началната концентрация на косубстрат и субстрат. Фигурата отново потвърждава високата ензимна активност и значителната консумация на косубстрат, веднага след навлизането му зоната на биологичния материал.



фиг. 2. Разпределение на косубстрат в зависимост от концентрацията на косубстрат

Понижаването на концентрацията на косубстрат до по-ниски нива ще доведе до значително лимитиране на ензимната реакция и спадане на ензимната активност.

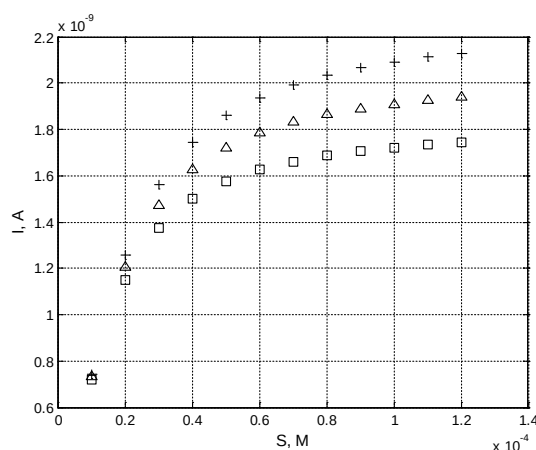
Разпределението на продукта от ензимно-катализираната реакция е показано на фиг.3.



фиг.3. Разпределение на продукт в зависимост от концентрацията на косубстрат

Концентрационният профил на продукта представлява нелинейна функция, която притежава максимум в средата на активната мембраната. От фигурата се вижда, че увеличението на количеството на косубстрат в ензимо-катализираната реакция, предизвиква увеличение на получения продукт, съответно и нарастване на екстремума на функцията.

На фигура 4 е показан изходния ток от амперометричния биосензор за трите различни начални концентрации на косубстрат C_0 - 0,04 mM, 0,045 mM и 0,05 mM.



фиг.4. Изходен ток от биосензора за различни концентрации на косубстрат ("□" - 0,040 mM; "Δ" - 0,045 mM; "+" - 0,05 mM)

Функцията на преобразуване на биосензора е получена, чрез задаване на различни стойности на субстрат в диапазона от 0,01 mM до 0,12 mM. Тя е нелинейна и притежава къса и стръмна линейна зона, както и наличие на бързо установяване. От функцията може да се определят основни метрологични характеристики на едноензимния биосензор. Ясно се вижда, че малкия линейен диапазон, определя и сравнително тесен обхват на измерване. Той зависи основно от възприетата грешка от нелинейност.

Значително е влиянието на началната концентрация на косубстрат C_0 . Вижда се, че за минимални отклонения на C_0 - 5 μ M, големината на изходния ток се променя до около 0,2 μ A в зависимост от концентрацията на субстрат. Съгласно получената графика може да се определи, че количеството на косубстрат е основен фактор за големината на изходния ток. При последващо намаляване на концентрацията на косубстрат до нива под 0,03 mM, токът не може бъде измерен, поради достигане на неговата стойност до големината на шумовете в електрохимичната клетка.

4. ИЗВОДИ

В настоящата работа е извършено математическо моделиране на едноензимен амперометричен биосензор в установен режим на измерване. Избран е косубстрат-чувствителен вариант и двусубстратна пинг-понг ензимна кинетика. Системата от обикновени нелинейни диференциални уравнения, описващи разпределения на субстрат, косубстрат и продукт е решена чрез числено интегриране. За целта е разработен симулационен модел, с помощта на който могат да се проиграват различни стойности на параметрите в математическия модел. Получени са концентрационните профили на субстрата, косубстрата и продукта в зоната на активната мембрана. Определен е изходния ток от амперометричния биосензор за три различни начални концентрации на косубстрат.

Получените резултати от симулационните изследвания показват съществена разлика при пинг-понг ензимна кинетика в сравнение с Михаелис-Ментен и кинетика от първи ред. При лимитиране на ензимната реакция по отношение и на косубстрата функциите на преобразуване на

биосензора се характеризират с доста по-къси линейни зони. Това води до значително намаляване на измервателните обхвати за определяните вещества, но активността на реакцията е доста по-висока. За трите фиксирани стойности на началната концентрация на косубстрат изходния ток се характеризира с много ниски стойности, до около 2 μ A. Намаляването на началната концентрация на косубстрат предизвиква силно скъсяване на линейния участък на кривата и навлизане в бързо насищане.

Реализираният симулационен модел позволява да се прогнозира поведението на едноензимните амперометрични биосензори при пинг-понг ензимна кинетика. Чрез него може удобно и бързо да се изследват и проиграват различни стойности на параметрите в модела, с цел да се подбере най-подходящия вариант.

Литература

1. **Нейков А.** Биосензорна техника, Сб. доклади "Метрология и метрологично осигуряване '2003", 16-20 Септември, 2003, Созопол
2. **Schulmeister T.**, Mathematical modeling of the dynamic behaviour of amperometric enzyme electrodes. *Selective Electrode Rev.*, 1990, 12, p.p.203-260
3. **Stanislaus F. D'Souza, Sandeep K. Jha and Jitendra Kumar**, *Environmental Biosensors*, IANCS Bulletin, special issue on Environ. Biotech. 4 (1), 54-59, 2005
4. **Нейков А.**, Изследване на ензимни биосензорни системи. Дисертация за получаване на степен доктор на науките. София, 1998
5. **Baronas R., J. Christensen, F. Ivanauskas, J. Kulys**, Computer simulation of amperometric biosensor response to mixtures of compounds.- *Nonlinear analysis: modelling and control*, Vol. 7, 2002, No. 2, 3-14
6. **Kulys J.**, Modeling trienzyme biosensor at internal diffusion limitation.- *Nonlinear Analysis: Modelling and control*, Vol.9, 2004, No1, 139-144
7. **Стоянов Н.**, Симулационен анализ на влиянието на дифузията при едноензимен биосензор, *Инженерни науки (БАН), ЛП, книжка 4*, 2015, 5-14
8. **Yordanova, S., E. Gadjeva.** System modeling and simulation, Technical University of Sofia, 2003.
9. **Йорданов Й.**, Приложение на MATLAB в инженерните изследвания, част I и част II, (Библиотека за докторанта).- Русенски университет, Русе, 2004

MATHEMATICAL MODELING AND ANALYSIS OF ONE-ENZYME BIOSENSOR WITH PING-PONG ENZYME KINETICS

Nikolay STOYANOV, Antonia PANDELOVA

Electrical measurement department, Technical university – Sofia, Bulgaria

e-mail: n_stoyanov@tu-sofia.bg, e-mail: apndelova@tu-sofia.bg

Abstract: In the present work mathematical modeling of one-enzyme biosensor for ping-pong kinetics in steady state condition is developed. The analysis is made for amperometric co-substrate sensitive biosensor. The system of non-linear ordinary differential equations from second order for the substrate, co-substrate and product is solved by digital simulation in MATLAB software. The transfer function of biosensor for ping-pong enzyme kinetics is obtained. The output signal of biosensor for three different co-substrate concentration is investigated.

Key words: one-enzyme biosensor, ping-pong enzyme kinetics, mathematical model, simulation model

ОБЪЯСНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ СУЩНОСТИ ЭФФЕКТА ГУБЕРА В КОЛЕСНЫХ И ПОДШИПНИКОВЫХ ПАРАХ

Антон СИЛЬВЕСТРОВ Дмитрий ЗИМЕНКОВ Надежда БЕЛЕНОК

кафедра „Теоретическая электротехника”, НТУУ «КПІ» - Киев, Украина

e-mail: vadesign@inbox.ru; zimenkovdk@ukr.net

Резюме: Установлено, что вращающий момент в колёсной паре Ж. Губера или подшипниковой- Косырева-Мильроя возникает (при наличии их движения) вследствие неравномерности плотности тока, а именно, концентрации плотности тока (электронов тока проводимости) в зонах контакта колёс или шариков с направляющими. Области контакта вместе с зарядом в них при вращении колёс или шариков перемещаются внутри и по поверхности колёс или шариков и по направляющим. Далее, как известно из классических законов Био-Савара-Лапласа, Ампера, Лоренца, движущиеся заряды создают магнитные поля. Последние, взаимодействуя между собой, притягивают колёса или шарики к направляющим с набегающей стороны от контакта, стремясь уменьшить расстояние между колесом или шариком и направляющей в воздушном пространстве, что и создаёт вращающий момент.

Ключевые слова: эффект Губера, двигатель Косырева-Мильроя, электродинамика движущихся магнетиков, законы электродинамики.

1. ВВЕДЕНИЕ

Если колеса колесной пары Ж. Губера [1] катятся по направляющим или вал и внутренняя шайба подшипников двигателя Косырева - Мильроя [2] вращается, то, при наличии электрического тока в контакте колес (или шариков) с направляющими, возникает крутящий момент, который в дальнейшем поддерживает это движение. Скорость Ω вращения колес или шариков увеличивается при увеличении тока I , не зависит от его направления, постоянства или синусоидальности; крутящий момент M подобный моменту однофазного асинхронного двигателя : M равно 0, если Ω равно 0, далее при росте Ω , он растет до максимального, а затем уменьшается.

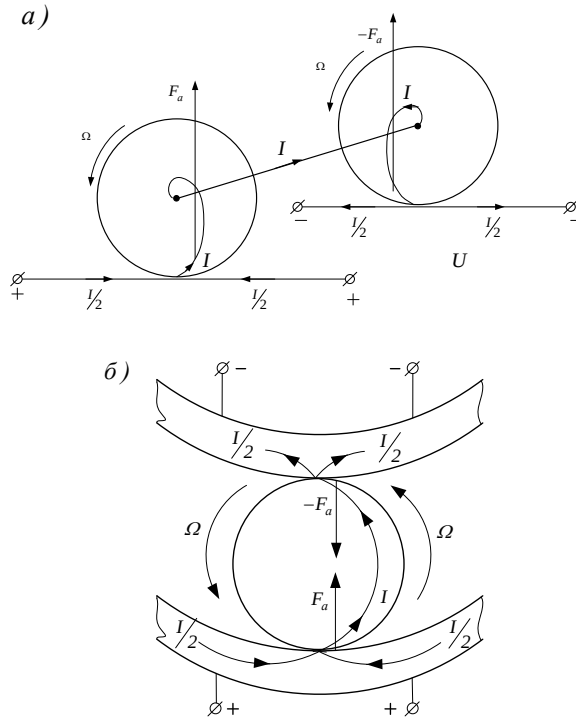
2. ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

К сожалению, объяснения, данные с 1951 до 2016 года [1÷7], оказались не соответствующими физической сущности явления. Так в [2,6] считается, что крутящий момент возникает в результате взаимодействия по закону Ампера тока направляющей с током колеса или шарика, который (вследствие криволинейной его траектории) расположен под острым углом к току направляющей. Сила взаимодействия этих токов смещена относительно точки касания. Это могло

бы создавать небольшой крутящий момент, если бы на втором колесе колесной пары Ж. Губера или другой стороне шарика подшипника такой же момент не имел противоположного направления. В работе [1] считается, что крутящий момент возникает в результате появления искры и увеличения давления на сбегающей стороне контакта. Авторы [1] поместили подшипники в вакуумный колпак и постепенно откачали воздух, после чего движение прекратилось. К сожалению, они не учли явление перегрева и заклинивания подшипников вследствие существенного уменьшения теплоотдачи в вакууме от разогретых током шариков. Именно это и привело к остановке двигателя. Пояснения [6] возникновения момента от тепловой деформации направляющих, которая якобы создает горку, с которой скатывается шарик или колесо, не учитывает их значительной тепловой инерционности. В работе [5] предлагаются положения, которые не соответствуют законам физики, например, наличие магнитной индукции, созданной током и совпадающей с ним по направлению. Дополнительную неясность внесли работы [3, 8], где эффект Ж. Губера объединено с до сих пор не объясненным эффектом Дж. Серла. Вариационный подход в работе [4] носит чисто математический характер, не объясняя четко физику процесса.

2.1 Пояснения физики эффекта Ж. Губера

Ж. Губер тоже считал, что эффект имеет электродинамическую природу, поскольку в нем присутствуют ток I и механическое движение магнетиков, которые являются частью электрической цепи [1]. Однако объяснить эффект не смог, потому что, как будет объяснено далее, ток I непосредственно не создает момента (фиг.1).



фиг.1 Компенсация сил $\pm F_a$ взаимодействия токов I и $I/2$ в колесной паре (а) двигателя Ж. Губера и подшипниках двигателя Косырева - Мильроя (б)

Если учитывать вращательное движение колеса или шарика, то вектор $\vec{j}$ плотности тока в них имеет две составляющие: радиальную (ток проводимости) и тангенциальную (ток переноса зарядов подвижным телом). Именно последняя по закону Ампера взаимодействует с током $I/2$ направляющих. Однако одинаковые силы $\pm F_a$, и, соответственно, моменты $\pm M$ в колесах или в двух зонах соприкосновения шариков будут противоположно направлены, и взаимно компенсированы. Таким образом, была объективная

необходимость в объяснении эффекта Ж. Губера, желательно в рамках классической электродинамики [8, 9, 10, 11].

Для объяснения эффекта Ж. Губера рассмотрим составляющие замкнутой цепи, как путь прохождения тока I . Из законов Кирхгофа и Ома следует, что

$$U = I(2R_1 + R_2 + 2R_k) \quad (1)$$

где: U –напряжение источника питания цепи током I ; $2R_1$ – два сопротивления направляющих, которые подключены к полюсам источника U ; R_2 – сопротивление обоих колес и вала между ними или сопротивление η параллельно включенных шариков в двух подшипниках, за исключением зоны контакта; R_k – сопротивление контакта колеса с рельсом в двигателе Ж. Губера или сопротивление $2n$ контактов в подшипниковой паре двигателя Косырева - Мильроя.

Учитывая, что площадь S_i поперечного сечения направляющих, колес и вала или шариков гораздо больше площади S_k контакта колеса или шарика, а ток I в неразветвленной цепи одинаков, следует ожидать, что падение напряжения и плотность j_k тока I в малой области точки или линии контакта будет намного больше, чем в других i -ых частях цепи:

$$\vec{j}_k \cong \frac{S_i}{S_k} \vec{j}_i \quad (2)$$

Исходя из закона Ома в дифференциальной форме

$$\vec{j} = \gamma \vec{e} \quad (3)$$

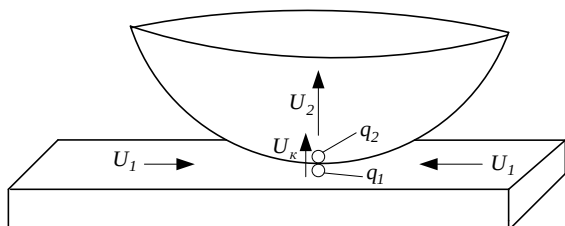
где γ – удельная проводимость, при примерно одинаковой удельной проводимости всех составляющих цепи, можно ожидать, что напряженность $\vec{e}_k$ электрического поля в зоне контакта также будет существенно большей от напряженности $\vec{e}_i$ в i -ых других частях круга. Соответственно, больше будет и средняя скорость $\vec{V}_k$ направленного движения электронов:

$$\vec{V}_k = \beta \vec{e}_k \quad (4)$$

где β – коэффициент подвижности свободных электронов [9].

Если принять длину пути тока I через контакт достаточно малой, но конечной величиной l_k (Рис.2), то в достаточно малой области контакта за время контакта t_k образуется заряд q_k :

$$q_k \cong j_k S_k t_k \cong \frac{j_k S_k V_k}{l_k}. \quad (5)$$



Фиг.2 Заряд $q_k = q_1 + q_2$ в зоне соприкосновения шарика к направляющей

При условии неподвижности шарика или колеса заряд q_2 (фиг.2) движется по диаметру под действием небольшой напряженности $\vec{e}_i$ в теле колеса или шарика. Вследствии взаимной перпендикулярности векторов $\vec{V}_1$ и $\vec{V}_2$ или $\vec{V}_k$ скорости движения зарядов, сила $\vec{F}_a$ Ампера взаимодействия элементов токов $q_1 \cdot \vec{V}_1$ и $q_2 \cdot \vec{V}_2$ либо $q \cdot \vec{V}_k$ будет равняться нулю. При наличии движения с угловой скоростью Ω и линейной $\Omega \cdot r$, где r - радиус шарика или колеса, направление скорости $\vec{V}_2$ искривляется (рис. 1) и возникает [2, 6] не нулевая сила Ампера $\vec{F}_a$ и момент M . Однако, как было показано (рис. 1), на втором колесе или другой стороне шарика возникает противоположная по направлению сила $-\vec{F}_a$ и момент $-M$. В результате сумарный момент равняется нулю. Таким образом, как в статике ($\Omega = 0$), так и в динамике ток I цепи (1) крутящего момента M не создает. Очевидно это и заставило исследователей [1÷6] отыскивать другие в том числе и не электродинамические причины движения (тепловую, пневматическое и др.).

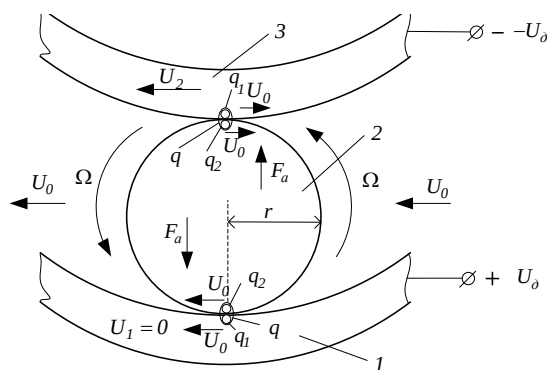
Специфика электродинамики состоит в том, что она изучает пространственно не однородные системы с неравномерным распределением за-

рядов, с дополнительными степенями свободы движения. В результате этого силовые показатели системы будут зависимыми не только от тока I , а и от положения и движения составляющих системы в соответствующих системах координат [10, 11, 12].

Рассмотрим (фиг. 3) систему «направляющие - зона контакта - шарик» в условиях, при которых шарик, вращаясь с угловой скоростью Ω против часовой стрелки, катится по неподвижной внешней направляющей влево от точки соприкосновения, то есть, вместе с точкой соприкосновения со скоростью

$$V_0 = \Omega \cdot r \quad (6)$$

где r — радиус шарика.



Фиг.3 Система «внешняя шайба (1), два контакта с шариком (2), внутренняя шайба (3)»

В неподвижной системе координат, связанной с внешней шайбой подшипника, для которой $V_1 = 0$, заряд q_1 движется в теле и по внутренней поверхности шайбы влево со скоростью $\vec{V}_0$. При этом он в шайбе в зоне контакта создает элемент тока:

$$d\vec{I}_1 = q_1 \cdot \vec{V}_0 = q_1 \frac{d\vec{l}_k}{dt_k} = I_1 \cdot d\vec{l}_k \quad (6)$$

В системе координат, неподвижной относительно тела шарика, который вращается с угловой скоростью Ω относительно центра шарика, заряд q_2 движется относительно тела шарика также со скоростью $\vec{V}_0$. При этом он в шарике тоже создает элемент тока:

$$d\vec{I}_2 = q_2 \cdot \vec{V}_0 = q_2 \frac{d\vec{l}_\kappa}{dt_\kappa} = I_2 \cdot d\vec{l}_\kappa \quad (7)$$

Элементы токов $d\vec{I}_1$ и $d\vec{I}_2$ в воздушном зазоре, который растёт от нуля (где угол между направлением токов нулевой, но и плечо пары сил F_a нулевое) до $r/2$ с плечом r , но с углом $\pi/2$, образуют (согласно закону Ампера) силу Ампера и момент M_1 , который является лишь частью общего момента M . Элементы токов $d\vec{I}_1$ и $d\vec{I}_2$ в теле ферромагнитных сред шайбы и шарика по закону Био-Савара-Лапласа намагничивают их, образуя момент M_2 , подобный M_1 , но в котором вместо μ_0 будет фигурировать магнитная постоянная ферромагнетика μ :

$$\mu = (1 + \chi)\mu_0 \quad (8)$$

где χ – магнитная восприимчивость ферромагнетика. Тогда, так как $\mu \gg \mu_0$, момент M_2 будет намного больше M_1 .

Для точной количественной оценки общего момента пары сил, следует воспользоваться интегральными уравнениями Максвелла [12,13] для конкретных ферромагнетиков [10, 11] конкретной конфигурации.

Процессы в колесной паре Ж.Губера (рис. 1, а) аналогичны процессам в подшипниках. Только каждое колесо будет иметь одну точку контакта, а не две, как шарик, контакт будет не точечный, а линейный радиус r колеса существенно больше радиус шарика, больше будет зона взаимодействия элементов токов $d\vec{I}_1$ и $d\vec{I}_2$, соответственно, больше будет вращающий момент M .

3. ВЫВОД

Таким образом, учитывая существование в теле ферромагнетиков движения зарядов относительно тела или, наоборот, тела относительно заряда, удалось обнаружить элементы токов (6), (7), которые, взаимодействуя между собой и с ферромагнитной средой, создают силы и моменты согласно классических законов Ампера, Био - Савара - Лапласа, уравнений Дж. Максвелла.

Тогда с ростом тока I момент M будет расти; при увеличении Ω время контакта t_κ в (5) уменьшается, соответственно уменьшается заряд q_κ и ток I ; изменение полярности источника U и, соответственно, тока I не меняет знака момента M , в который I входит в квадрате; в неподвижной системе, где Ω и V_0 нулевые, момент M отсутствует; если изменить направление вращения (знак Ω), то эти же эффекты (рис. 3) будут происходить с противоположной стороны, поддерживая первоначальное вращения; для количественных расчетов сил и моментов следует воспользоваться уравнениями электродинамики [11, 12, 13]; однако факт существования подвижных в телах направляющей и шарика зарядов q_1 и q_2 , созданных неоднородностью плотности электричества, не подлежит сомнению, как и сила Ампера или Лоренца их взаимодействия (притягивания), усиленного намагничиванием магнетиков. Ток I , плюс концентрация его плотности в малой области контакта, плюс наличие движения точки контакта, как заряда q , создаёт силу и крутящий момент. Именно в этом заключается сущность эффекта Ж. Губера.

Литература

- 1.Поливанов К.М., Татаринова Н.В., Нетушил А.В. Электромеханический эффект Губера/ Электричество, 1973. – №8 – с. 72 – 76.
- 2.Кузьмин В.В., Шпатенко В.С. О природе появления вращающегося момента в двигателе Косырева – Мильроя/Вісник КДРУ ім. Остроградського, 2008. – №3 – с. 41 – 47.
- 3.Нетушил А.В. Изобретение Дж. Серла, как развитие эффекта Губера/Электричество, 1994. – №4 – с. 50 – 53.
- 4.Грамм М.И. Принцип минимума и возможные объяснения эффекта Губера/ Электричество, 2002. – №12 – с. 57 – 60.
- 5.Николаев Г.В. Современная электродинамика и причины ее парадоксальности/ Томск: Твердыня, 2003. – 149 с.
- 6.Сильвестров А.Н., Зименков Д.К. О природе эффекта Губера/ Вісник КДРУ ім. Остроградського, 2010. – №4 – с. 33 – 38.
- 7.Демин П. Эффект Губера и летающие тарелки/Наука и жизнь, 1991. – №7.
- 8.Эткин В.А. Термодинамический вывод уравнений Максвелла/ (Sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/7628.html), 07.06.2004

9. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики/К.: Техніка, 1999, т. 2. – 452 с.
10. Пеннер Д.И., Угаров В.А. Электродинамика и специальная теория относительности/М.: "Просвещение", 1980. – 272 с.
11. Ландау А.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика, т. 8: Электродинамика сплошных сред/М.: Наука, 1982. – 620 с.
12. Поливанов К.М. Электродинамика движущихся тел/М.: Энергоиздат, 1982. – 192 с.
13. Максвелл Дж. К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля/ М.: Гостехиздат, 1954. – 688 с.

EXPLANATION OF EFFECT OF PHYSICAL HUBER IN WHEEL BEARING AND VAPOR

Anton SILVESTROV Dmitry ZIMENKOV Nadiia BELENOK

Electrical engineering department, National Technical University of Ukraine "KPI"-Kyiv Ukraine

e-mail: vadesign@inbox.ru; zimenkovdk@ukr.net

Abstract: It is found that the torque to the wheel or pair J. Huber podshipnikovoy- Kosyreva - Milroya occurs (if their motion) due to the unevenness of the current density, namely, the concentration of the current density (current conduction electrons) in the contact areas with wheels or balls guides. Region of contact with the charge in them during the rotation of wheels or balls are moved on the surface and inside wheels or balls and the guide. Further, as known from the classical laws of Biot-Savart - Laplace, Ampere, Lorentz, moving charges create magnetic fields. The latter, interacting, attract wheels or balls to guide from the upstream side of the contact, trying to reduce the distance between the wheel and the guide or ball in the air.

Keywords: effect of Huber engine Kosyreva - Milroya, electrodynamics of moving magnets, laws of electrodynamics.

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД ОБРАБОТКИ ЗАПРОСОВ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ БАЗАХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ МЕХАНИЗМА КЕШИРОВАНИЯ ИНДЕКСОВ

Вадим МУХИН Ярослав КОРНАГА

кафедра вычислительной техники, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» - Киев, Украина

e-mail: v_mukhin@mail.ru, slovyan_k@ukr.net

Аннотация: В работе рассмотрены вопросы обработки запросов в базах данных. Описаны алгоритмы обработки данных в оперативной памяти СУБД и с помощью деревьев поиска. Модифицирована структура дерева поиска на основе В+-дерева, что позволило проводить поиск по одинаковым данным различных таблиц. Выполнена модификация алгоритма обработки данных в оперативной памяти, которая позволила исключить попадание в память редко используемых индексов. Проведен анализ изменения времени обработки запросов при модификации метода обработки запросов.

Ключевые слова: базы данных, В+-деревья, индексы.

1. ВВЕДЕНИЕ

Общие и прикладные проблемы создания или интеграции систем управления базами данных (СУБД) состоят в том, что процедуры разработки и интеграции гетерогенных баз данных (БД) характеризуются возникновением проблем синхронизации данных и проблем контроля обработки данных. При интеграции разнородных баз данных в производственный процесс различных предприятий и учреждений, а также органов государственной власти выделяется ряд недостатков организации современных систем управления и мониторинга событий в базах данных [1,2]. Особенностью таких систем является отсутствие единого механизма и политики определения угроз для всей распределенной компьютерной системы.

При реализации мониторинга событий в распределенных базах данных возрастает время поиска информации, что вызвано дополнительными затратами ресурсов при обработке запросов в БД. В частности, при использовании деревьев с недостаточным наполнением узлов, время поиска увеличивается в соответствии с «высотой» дерева [3,4]. Существующие подходы к формированию и использованию индексов в современных распределенных базах данных имеют определенные недостатки, а именно: недостаточное наполнение узла дерева поиска; использование одинаковых индексов для различных таблиц;

избыточная загрузка в оперативную память (ОП) СУБД редко используемых индексов [5].

Целью статьи является модификация метода обработки индексов в базах данных для ускорения обработки запросов.

2. МОДИФИКАЦИЯ ДЕРЕВА ПОИСКА

Существующие механизмы модификации данных в таблицах имеют определенные особенности, которые заключаются в следующем: выполняется изменение ключей в соответствующих узлах дерева с последующей перестройкой индекса, что оказывает значительное влияние на скорость записи в БД, что особенно важно при существенном увеличении числа запросов записи (модификаций) к базе данных.

При интенсивном поиске данных и использовании одних и тех же индексов целесообразно сохранять наиболее часто используемые индексы в оперативной памяти, что снижает время доступа к физическому диску хранения данных и, соответственно, уменьшает время, затрачиваемое на поиск информации.

Так, практически для всех таблиц БД характерной особенностью является наличие идентификаторов, поскольку сравнение таблиц для выбора данных из них проводится почти всегда именно с помощью идентификаторов основных полей. Следовательно, требуется создание новых методов для повышения скорости поиска ин-

формации в базах данных, которые позволят увеличить наполнение узлов дерева и загружать в оперативную память лишь индексы с наибольшим числом использования при выполнении запросов за время сбора статистики, а по другим индексам - проводить поиск лишь после их загрузки с диска.

В первом случае В+-дерево модифицируется следующим образом:

1. увеличивается минимальное наполнение узла;

2. изменяются правила сцепления и расщепления узлов дерева.

3. уменьшается "высота" дерева в связи с изменением наполнения узлов.

4. расширяются возможности листовых узлов, например, путем добавления нового параметра.

Эти действия приводят к получению модифицированного дерева поиска (МДП), которое отличается полями, представленными в табл. 1.

Таблица 1. Свойства деревьев поиска, где n - это параметр дерева, который принимает значение не менее 2, а, как правило, от 50 до 2000.

Свойство дерева	В+-дерево	Модифицированное дерево поиска
1.Число элементов, содержащихся в корне дерева	от 1 до $2n$ элементов	от 1 до $2n$ элементов
2.Число элементов, содержащих узлы дерева (кроме корня)	от n до $2n$ элементов	от $3/2n$ до $2n$ элементов
3.Число потомков узлов (кроме листовых), содержащих m элементов	$m+1$ потомков	$m+1$ потомков
4.Листовые страницы дерева находятся	на одном уровне	на одном уровне
5.Расщепление узлов выполняется путем	разбиение узла пополам на два новых узла	разбиение узла с двумя его соседями на четыре новых узла
6.Сцепление узлов выполняется путем	соединение двух узлов в один новый узел	соединение четырех узлов в три новых узла
7.Минимальная высота дерева (t)	$t \geq 2$	$t \geq 2$
8.Ссылка на данные	лишь на одну таблицу	на несколько таблиц

Табл.1 показывает, что разница между В+-деревом и модифицированным деревом поиска заключается в различиях свойств п.п. 1 и 2. В модифицированном дереве поиска, согласно п.1 свойств, имеется большее наполнение элементов в корне узла, что приводит к уменьшению "высоты" дерева поиска. По п.2 разность по минимальной степени наполнения узлов в модифицированном дереве поиска, в отличие от В+-дерева, составляет $3/4$ узла, что позволяет сэкономить место на жестком диске и увеличить скорость доступа к информации за счет того, что считывание узлов модифицированного дерева поиска, как и В+-дерева, выполняется по блокам, и соот-

ветственно, от степени наполнения блока зависит количество получаемой информации.

П. 8 свойств показывает, что в листке такого модифицированного дерева поиска необходимо хранить запись ссылки на одинаковые поля в разных таблицах, тогда как в обычном В+-дереве сохраняется запись ссылки на одинаковые поля в одной таблице (рис. 1).

ключ 1	ключ 2	...	ключ k
запись 1.i	запись 2.j		запись $k.m$

рис 1. Структура листовой страницы модифицированного дерева поиска

Данный факт приводит к увеличению времени нахождения ссылок на данные в дереве, что, соответственно, подразумевает общее ускорение поиска.

3. МОДИФИКАЦИЯ ОБРАБОТКИ ЗАПРОСОВ В ОПЕРАТИВНОЙ ПАМЯТИ СУБД

Для второго случая требуется модифицировать процедуру обработки индексов в оперативной памяти СУБД следующим образом:

1. Уменьшить удельный объем хранения в ОП СУБД редко используемых индексов.
2. Обращаться к редко используемым индексам путем их считывания с диска.

Классический поиск с помощью индексов в СУБД выполняется в нескольких направлениях: вначале проводится анализ данных, находящихся в оперативной памяти, а затем информация считывается с дискового пространства.

Приведем классический алгоритм загрузки индексов, используемых в запросах, в оперативную память СУБД:

1. После получения запроса СУБД определяет список данных, требуемых для поиска соответствующих данных.
2. Найденные данные загружаются в оперативную память.
3. После обработки следующего запроса СУБД проверяет, находятся ли данные в ОП. Если индекс присутствует в ОП, то выполняется поиск по нему, далее он перемещается на первое место в списке индексов ОП, если же индекс отсутствует - загружает его с индексного файла диска и размещает на первое место в списке, при этом остальные индексы сдвигаются на уровень ниже.
4. В том случае, если для загрузки следующего индекса память отсутствует, СУБД удаляет индекс из памяти, и он занимает последнее место в списке индексов.

Данный алгоритм имеет свои преимущества и недостатки. Одним из преимуществ является то, что он достаточно прост в реализации и позволяет сохранять индексы в оперативной памяти. Недостатком его является то, что в память попадают крайне редко используемые индексы,

которые и занимают там место до тех пор, пока их не вытеснят другие.

Требуется разработать метод, который позволит загружать в оперативную память СУБД лишь те индексы, которые используются чаще всего.

Предлагается модифицированный алгоритм загрузки индексов данных в оперативную память СУБД на основе метода кэширования индексов (МКИ):

1. Для сбора статистики по числу использования индексов за период ΔT СУБД загружает индексы в ОП по классическому алгоритму.
2. После сбора статистики за соответствующий период СУБД загружает в оперативную память те данные, которые чаще всего использовались в этот период времени.
3. В том случае, если данные отсутствуют в оперативной памяти, поиск производится непосредственным считыванием узлов с дискового индексного пространства БД.
4. По истечении промежутка времени ΔT в оперативную память загружаются те индексы, которые использовались чаще всего при условии, что они не были загружены ранее.

Данный алгоритм реализуется в два этапа. На первом этапе длительностью ΔT используется классический алгоритм, так как требуется выделить время на сбор статистики и определение тех индексов, которые максимально использовались за соответствующий период. На втором этапе в оперативную память загружаются те индексы, которые использовались чаще всего на предыдущем интервале времени ΔT . Формула для расчета:

$$\Delta T = ((\sum_{i=1}^n K_i W_i) T) / ((\sum_{i=1}^n W_i) K)$$

где K_i - число использований i -того индекса, K - число использований индексов, W_i - весовой коэффициент i -того индекса, T - время сбора статистики.

Загрузка индексов данных в оперативную память на основе учета статистических данных о частоте использования индексов и весовых коэффициентов размера индексов приводит к снижению числа загружаемых индексов в оперативную память, так как классическая.



рис. 2. Сравнение алгоритмов загрузки индексов в оперативную память

загрузка индексов данных происходит по принципу попадания индекса в память во время его использования при выполнении запросов. Удаление индекса происходит после заполнения памяти, при этом индекс не использовался на протяжении достаточно длинного промежутка времени. В методе загрузки индексов данных на основе обработки статистических данных выполняется загрузка лишь тех индексов, которые используются наиболее часто за соответствующий промежуток времени, при этом исключается попадание в память относительно редко используемых индексов (рис. 2).

Для проведения экспериментальных исследований эффективности применения индексов на основе модифицированных деревьев поиска в базах данных и выбора наилучшей операционной системы для размещения сервера БД выполнено измерение скорости поиска информации в таблицах для операционной системы Windows XP. При проведении экспериментов показано, что скорость поиска по В+-деревьям по сравнению с модифицированными деревьями поиска снижается на 12% (рис. 3)

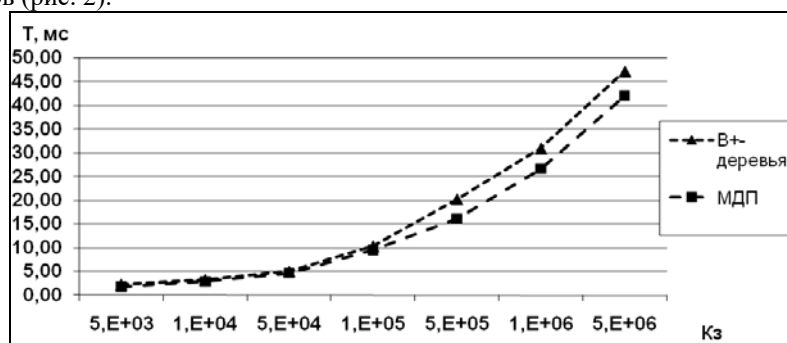


рис. 3. Сравнение скорости поиска данных по В+-дереву и модифицированному дереву поиска

Средняя погрешность результата составила для В+-деревьев порядка 0,91%, а для модифицированных деревьев поиска - 0,89%, следовательно, эксперименты проведены корректно и обеспечили результаты с заданной точностью.

4. ВЫВОДЫ

Модифицирован механизм обработки индексов в базах данных для ускорения обработки данных. Метод построения индексов на основе модифицированных деревьев поиска позволяет повысить скорость поиска данных на 12% по сравнению с методом поиска по индексам на основе классических В+-деревьев. При алгоритмической реализации загрузки данных в оперативную память СУБД скорость поиска данных увеличивается за счет накопления статистики числа использования соответствующих индексов, что приводит к отсутствию загрузок в ОП

тех данных, которые используются относительно редко на определенном промежутке времени.

Литература

1. Кренке Д. Теория и практика построения баз данных. СПб.: Питер, 2012, 800 с.
2. Хомоненко А.Д., Цыганков В.М., Мальцев М.Г. Базы данных. СПб.: Корона, 2014, 736 с.
3. Мухін В.Є., Корнага Я.І., Снегірєв Л. Підвищення ефективності механізмів пошуку в базах даних на основі К-дерев. Вісник Національного університету «Львівська політехніка» «Комп'ютерні науки та інформаційні технології», Львів, 2012, № 744, 53 – 57 с.
4. Корнага Я.І. Методи підвищення швидкості запису та пошуку даних у базах даних. Вісник Чернігівського державного технологічного університету серія «Технічні науки», Чернігів, 2012, № 4(61), 166 – 172 с.
5. Корнага Я.І. Особливості застосування методу кешування індексів в розподілених базах даних. V Всеукраїнська науково-практична конференція «Інформатика та системні науки», Полтава, 2014, 155 – 157 с.

MODIFIED METHOD OF THE QUERIES PROCESSING IN THE DISTRIBUTED DATABASES BASED ON THE INDICES CACHING MECHANISM

Vadym MUKHIN Yaroslav KORNAGA

Department of computer engineering of National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute" – Kiev, Ukraine

e-mail: v_mukhin@mail.ru, e-mail: slovyan_k@ukr.net

Abstract: The paper discussed the methods of queries processing in the databases. There is described the algorithm for data processing in database' RAM that is based on the tree search. There is proposed the changing of the tree search structure in the databases B+- tree that allows search for the same data in the different tables. There is performed the modification of the algorithm for data processing in memory, which allow exclude the load of the rare used indices in memory. There is shown that dynamics the time for the queries processing with the modification of the method for queries processing.

Keywords: databases, B+-tree, indices.

ГЕОМЕТРИЧЕН АНАЛИЗ НА ХИДРАВЛИЧЕН БАГЕР С КИНЕМАТИЧНА СТРУКТУРА $R \vdash R \parallel R \parallel R$

Росен МИТРЕВ

Технически Университет-София, България
email: rosenm@tu-sofia.bg

Резюме: В работата е извършено решаване на правата и обратната геометрични задачи на хидравличен багер с кинематична структура $R \vdash R \parallel R \parallel R$. За установяване на връзките между позицията и ориентацията на звената на работното съоръжение и позицията и ориентацията на работния орган е използван метода на Денавит-Хартенберг, като за целта съгласно определени правила към всяко звено е извършено присъединяване на координатна система. Така разположените координатни системи са използвани за съставяне на матриците на преход между съседни координатни системи и получаване на правата и обратната функции на положението на отворената кинематична верига.

Ключови думи: хидравличен багер, обратна и права геометрични задачи

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Голямото разнообразие на технологични процеси и видове строителни работи в съвременното строителство превърна хидравличните багери в универсални мултифункционални машини, работещи с множество сменяеми работни органи. Различните по форма и размери работни органи дават възможност да се извършват разнообразни работни операции в различни работни условия, което води до намаляване на използваните като номенклатура машини. Най-често използваните работни органи са различни видове кофи, гребла, хидравличен чук, товароухватни и товарачни приспособления, съоръжения за пробиване на почвите, хидравлични ножици и др. Спецификата на работа с различните работни органи изисква различен за всеки случай начин на управление от оператора, като кинематичните възможности на машината налагат ограничение върху параметрите на работните операции. На фиг.1 е показана работа с работен орган „Хидравличен чук”. При работа с този работен орган се изисква винаги перпендикулярно положение на пробойника на чука спрямо работната повърхност, което се постига чрез подходящо позициониране на звената на работното съоръжение.

Освен възможностите за присъединяване на различни по вида си работни органи към стандартни работни съоръжения, нарасна и броят на технологичните операции, които се извършват само с един работен орган, но при неговото движение по различни предварително зададени тра-

ектории в пространството – планиране на откоси - фиг.2 а) и б), планиране на брегове на канали и реки - фиг.2 в), подравняване на хоризонтални и наклонени терени - фиг.2 г) и д), изкопаване на канали с различни профили - фиг.2 е) и др.



фиг.1 Работен орган „Хидравличен чук”



а)



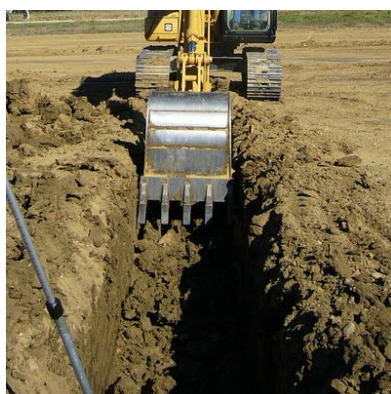
б)



в)



г)



д)



е)

фиг.2 Различни видове технологични операции, извършвани с кофа при движение по различни траектории в пространството

Такъв тип операции могат да бъдат извършвани ръчно от оператора, но това изисква висока квалификация и води до значително психическо и физическо натоварване през работния ден. Въвеждането на автоматични системи за управление в хидравличните багери позволява такъв тип операции да се автоматизират, което води до повишаване както на прецизността на извършваните работи, така и на производителността на машината. През последните десетилетия се извършват значителни по обем изследвания за частична или пълна автоматизация [1] на работните процеси както на хидравлични багери, така и на други видове строителни машини [2]. Тенденцията за автоматизация и роботизация на строителни машини особено ясно се проследява в разработките на машини, предназначени за работа на Луната [5] и Марс [4], като се очаква увеличаване на разработки от този тип.

Проектирането както на хидравлични багери, предназначени за работа с различни работни органи, така и на багери със системи за автоматично управление на воденето на работния орган по сложна равнинна или пространствена траектория изисква познаването на зависимостите между геометричните параметри на елементите на багерите и техните геометрични функционални и технически параметри (максимална дълбочина на копаене, максимална височина на разтоварване, максимален обем, положението и ориентацията на работния орган в зависимост от положението на задвижващите механизми и др.) Създаването на дистанционно и телеуправление на хидравличните багери, на виртуални тренажори

и симулатори за обучение, програми за симулация и визуализация на хидравлични багери също изискват наличието на общи функционални геометрични зависимости.

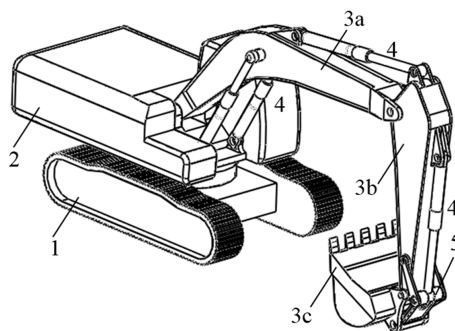
В контекста на казаното по-горе се дефинира и целта на настоящата работа: да се изведат общи функционални геометрични зависимости свързващи позицията и ориентацията на звената на хидравличен багер с кинематична структура $R \vdash R \parallel R \parallel R$ с позицията и ориентацията на работния орган в пространството.

Геометричният анализ на багера е първата стъпка към извършване на кинематичен, силов и динамичен анализ. Геометричният анализ се извършва за следните два случая [6]:

1) Установяването на позицията и ориентацията на работния орган в зависимост от зададените позиция и ориентация на звената на багера. Тази задача ще наричаме права геометрична задача;

2) Установяване на позицията и ориентацията на звената на багера в зависимост от зададена позиция и ориентация на работния орган. Тази задача ще наричаме обратна геометрична задача.

Широко използваните в механиката и роботиката матрици на хомогенна трансформация и метода на Денавит-Хартенберг [3] дават възможност да се използва систематичен подход към решаването на двете задачи на геометричния анализ. На фиг.3 е показана схема на хидравличен багер с разглежданата кинематична структура $R \vdash R \parallel R \parallel R$.



фиг.3 Хидравличен багер с кинематична структура $R \vdash R \parallel R \parallel R$

1) – ходова част, 2) – въртяща платформа; 3a), 3b), 3c) – елементи на работното съоръжение, съответно стрела, носач, работен орган, 4) – задвижващи хидравлични цилиндри, 5) шарнирно-лостов механизъм

В означението $R \vdash R \parallel R \parallel R$ първата буква обозначава въртящата двоица, която свързва ходовата част с въртящата платформа, а следващите букви обозначават въртящите двоици, свързващи звената на работното съоръжение. Осите на последните три въртящи двоици са успоредни една на друга и са перпендикулярни на оста на първата въртяща двоица.

2. ПОСТАНОВКА НА ПРАВАТА И ОБРАТНАТА ЗАДАЧИ НА ГЕОМЕТРИЧНИЯ АНАЛИЗ

При правата задача на геометричния анализ са известни ъглите на завъртане на звената на работното съоръжение, а се търсят декартовите координати на точка от работния орган (в случая върха на зъба на кофата) и неговата ориентация спрямо изходната координатна система – фиг.4:

$$(x_{O_4}, y_{O_4}, z_{O_4}, \alpha_k, \beta_k, \gamma_k) = f(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4) \quad (1)$$

В (1) са въведени следните означения: $x_{O_4}, y_{O_4}, z_{O_4}$ - декартови координати на характерна точка от работния орган (означена с O_4); $\alpha_k, \beta_k, \gamma_k$ - ъгли, които определят ориентацията на работния орган спрямо осите на изходната координатна система; ъглите $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ и θ_4 определят ъглите на завъртане на елементите на работното съоръжение и въртящата платформа и образуват пространство на ставните координати, а координатите $x_{O_4}, y_{O_4}, z_{O_4}, \alpha_k, \beta_k, \gamma_k$ са координати на работния орган в работното пространство.

При обратната задача се задават позицията и ориентацията на работния орган, а се търсят ъглите $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ и θ_4 , които реализират зададените позиция и ориентация:

$$(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4) = f(x_{O_4}, y_{O_4}, z_{O_4}, \alpha_k, \beta_k, \gamma_k) \quad (2)$$

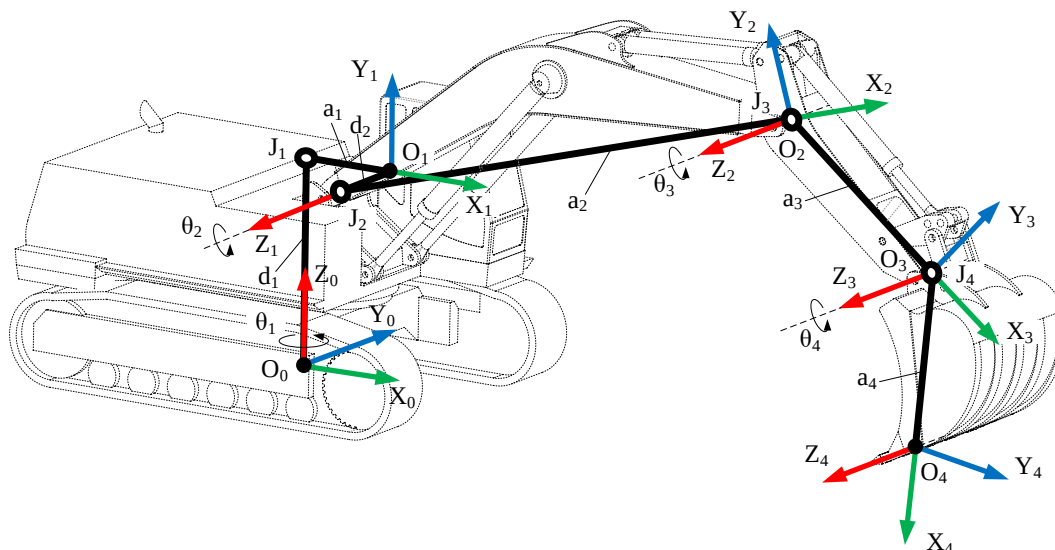
Зависимостта (1), ще наричаме права функция на положението, а зависимостта (2) – обратна функция на положението. И правата и обратната геометрични задачи са чисто геометрични характеристики на механизма, тъй като не зависят от времето.

2.1. Права задача на геометричния анализ

Геометричният анализ на отворената кинематична верига, формирана от елементите на хид-

равличния багер, се извършва по метода на Денавит-Хартенберг. За целта съгласно определени правила [3] към всяко звено се извършва присъе-

диняване на координатна система $X_i Y_i Z_i$ – фиг.4.



фиг.4. Кинематична схема на хидравличен багер

Първата неподвижна координатна система е свързана с неподвижната основа (терена) и е с номер 0; к.с. с номер 1 е свързана с въртящата се платформа; к.с.с номер 2 е свързана със стрелата; к.с. с номер 3 е свързана с носача; последната, четвърта к.с. е присъединена към върха на работния орган на багера. Матрицата на преход между две съседни координатни системи с номера $i-1$ и i има следния вид:

$${}^{i-1}_i \mathbf{T}(\alpha_i, a_i, d_i, \theta_i) = \begin{bmatrix} c\theta_i & -s\theta_i c\alpha_i & s\theta_i s\alpha_i & a_i c\theta_i \\ s\theta_i & c\theta_i c\alpha_i & -c\theta_i s\alpha_i & a_i s\theta_i \\ 0 & s\alpha_i & c\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

В матрицата на преход ${}^{i-1}_i \mathbf{T}(\alpha_i, a_i, d_i, \theta_i)$ участват четири параметъра: 1) два параметъра, които дефинират геометрията на звеното - усукването α_i и дължината на звеното a_i ; 2) два параметъра, които дефинират взаимното разположение на звената – отместването d_i и ставният ъгъл θ_i .

Матрицата на преход (3) може да бъде де-

композирана и представена чрез две подматрици, представляващи ротацията ${}^{i-1}_i \mathbf{R}$ и трансляцията ${}^{i-1}_i \mathbf{d}$ на к.с. i спрямо к.с. $i-1$:

$${}^{i-1}_i \mathbf{T} = \begin{bmatrix} {}^{i-1}_i \mathbf{R} & {}^{i-1}_i \mathbf{d} \\ \mathbf{0} & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Обратната матрица $({}^{i-1}_i \mathbf{T})^{-1}$ има следния вид [..]:

$$({}^{i-1}_i \mathbf{T})^{-1} = \begin{bmatrix} {}^{i-1}_i \mathbf{R}^T & -{}^{i-1}_i \mathbf{R}^T \cdot {}^{i-1}_i \mathbf{d} \\ \mathbf{0} & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

За разглежданата кинематична верига на багера стойностите на параметрите са показани в табл.1.

табл.1 Параметри на Денавит-Хартенберг за кинематичната верига $\mathbf{R} \parallel \mathbf{R} \parallel \mathbf{R} \parallel \mathbf{R}$

i	α_i	a_i	d_i	θ_i
1	$\pi/2$	a_1	d_1	θ_1
2	0	a_2	d_2	θ_2
3	0	a_3	0	θ_3
4	0	a_4	0	θ_4

Използвайки параметрите от таблицата, конкретния вид на матриците на трансформация между съседни координатни системи е следния:

$${}^0_1T(\pi/2, a_1, d_1, \theta_1) = \begin{bmatrix} c_1 & 0 & s_1 & a_1c_1 \\ s_1 & 0 & -c_1 & a_1s_1 \\ 0 & 1 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$${}^1_2T(0, a_2, d_2, \theta_2) = \begin{bmatrix} c_2 & -s_2 & 0 & a_2c_2 \\ s_2 & c_2 & 0 & a_2s_2 \\ 0 & 0 & 1 & d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$${}^2_3T(0, a_3, 0, \theta_3) = \begin{bmatrix} c_3 & -s_3 & 0 & a_3c_3 \\ s_3 & c_3 & 0 & a_3s_3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

$${}^3_4T(0, a_4, 0, \theta_4) = \begin{bmatrix} c_4 & -s_4 & 0 & a_4c_4 \\ s_4 & c_4 & 0 & a_4s_4 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Пълната матрица на трансформация между нулевата и крайната координатни системи има следния вид:

$${}^0_4T = {}^0_1T \cdot {}^1_2T \cdot {}^2_3T \cdot {}^3_4T = \begin{bmatrix} {}^0_4R & {}^0_4d \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

където чрез 0_4R е означена матрицата на ротация к.с., свързана с работния орган спрямо неподвижната к.с., а чрез 0_4d е означен позиционния вектор на началото на к.с., свързана с работния орган:

$${}^0_4R = \begin{bmatrix} c_1c_{234} & -c_1s_{234} & s_1 \\ s_1c_{234} & -s_1s_{234} & -c_1 \\ s_{234} & c_{234} & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \quad (11)$$

$${}^0_4d = \begin{bmatrix} xO_4 \\ yO_4 \\ zO_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1(a_1 + a_2c_2 + a_3c_{23} + a_4c_{234}) + d_2s_1 \\ s_1(a_1 + a_2c_2 + a_3c_{23} + a_4c_{234}) - d_2c_1 \\ a_2s_2 + a_3s_{23} + a_4s_{234} + d_1 \end{bmatrix}$$

(12)

В горните изрази са въведени следните означения: $s_1 \rightarrow \sin\theta_1$, $s_{12} \rightarrow \sin(\theta_1 + \theta_2)$, $c_1 \rightarrow \cos\theta_1$ и т.н.

За да се определи ориентацията на работния орган в работното пространство в зависимост от стойностите на ставните ъгли θ_i се използват ъгли на Ойлер. Произволна ориентация на тяло в пространството може да се постигне чрез три последователни некомутативни завъртания около определени оси [3]. В случая, за да опишем ориентацията на кофата в работното пространство ще използваме системата ъгли на Ойлер, наречена XYZ фиксирани ъгли. При тази система необходимата ориентация на работния орган се постига чрез три последователни завъртания около осите на неподвижната нулева координатна система, извършени в следния ред: ротация около ос X_0 на ъгъл γ_k , ротация около ос Y_0 на ъгъл β_k , ротация около ос Z_0 на ъгъл α_k . Еквивалентната матрица на ротация на работния орган ${}^0_4R_{XYZ}(\gamma, \beta, \alpha)$ се постига чрез последователно умножаване на матриците на ротация около осите на неподвижната к.с. в следния ред:

$${}^0_4R_{XYZ}(\gamma_k, \beta_k, \alpha_k) = {}^0_4R_Z(\alpha_k) \cdot {}^0_4R_Y(\beta_k) \cdot {}^0_4R_X(\gamma_k) \quad (13)$$

След умножаване и опростявания горната матрица придобива следния вид:

$${}^0_4R_{XYZ}(\gamma_k, \beta_k, \alpha_k) = \begin{bmatrix} c\alpha_k c\beta_k & c\alpha_k s\beta_k s\gamma_k - s\alpha_k c\gamma_k & c\alpha_k s\beta_k c\gamma_k + s\alpha_k s\gamma_k \\ s\alpha_k c\beta_k & s\alpha_k s\beta_k s\gamma_k + c\alpha_k c\gamma_k & s\alpha_k s\beta_k c\gamma_k - c\alpha_k s\gamma_k \\ -s\beta_k & c\beta_k s\gamma_k & c\beta_k c\gamma_k \end{bmatrix} \quad (14)$$

За да установим връзката между ъглите $\alpha_k, \beta_k, \gamma_k$ и ъглите $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$, приравняваме матрица на ротация ${}^0_4R_{XYZ}(\gamma_k, \beta_k, \alpha_k)$ и матрицата на ротация 0_4R . След известни преобразования се получават следните зависимости за определяне на ъглите на ориентация на работния орган:

$$\begin{aligned} \beta_k &= \text{atan } 2\left(-r_{31}, \sqrt{r_{11}^2 + r_{21}^2}\right) \\ \alpha_k &= \text{atan } 2(r_{21}/c\beta_k, r_{11}/c\beta_k) \\ \gamma_k &= \text{atan } 2(r_{32}/c\beta_k, r_{33}/c\beta_k) \end{aligned} \quad (15)$$

където $r_{11}, r_{21}, r_{31}, r_{32}$ и r_{33} са съответните елементи на ротационната матрица (11). Използва-

нето на (15) за разглежданата кинематична структура води до следните резултати:

$$\begin{aligned}\beta_k &= \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 \\ \alpha_k &= \theta_1 \\ \gamma_k &= \pi/2\end{aligned}\quad (16)$$

Зависимостите (12) и (16) дават правата функция на положението и с това се изчерпва решаването на правата геометрична задача.

2.2 Обратна задача на геометричния анализ

Правата задача на геометричния анализ се получава по формални правила за всички видове отворени кинематични вериги, но това не е така при решаване на обратната задача на геометричния анализ, решаването на която се извършва до голяма степен интуитивно и с индивидуален подход за всеки случай.

Матрицата на трансформация между нулевата и третата координатни системи има следния вид:

$${}^0_3T = {}^0_1T \cdot {}^1_2T \cdot {}^2_3T = \begin{bmatrix} {}^0_3R & {}^0_3d \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (17)$$

където 0_3R и 0_3d имат следния вид:

$${}^0_3R = \begin{bmatrix} c_1c_{23} & -c_1s_{23} & s_1 \\ s_1c_{23} & -s_1s_{23} & -c_1 \\ s_{23} & c_{23} & 0 \end{bmatrix} \quad (18)$$

$${}^0_3d = \begin{bmatrix} xO_3 \\ yO_3 \\ zO_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1(a_1 + a_2c_2 + a_3c_{23}) + d_2s_1 \\ s_1(a_1 + a_2c_2 + a_3c_{23}) - d_2c_1 \\ a_2s_2 + a_3s_{23} + d_1 \end{bmatrix} \quad (19)$$

Общият вид на матрицата на трансформация между нулевата и третата координатни системи е:

$${}^0_3T_r = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & xO_3 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & yO_3 \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & zO_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (20)$$

а общият вид на матрицата на трансформация между нулевата и четвъртата координатни системи е:

$${}^0_4T_r = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & xO_4 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & yO_4 \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & zO_4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (21)$$

2.2.1 Определяне на θ_1 :

Използват се уравненията на затворения контур:

$$\left({}^0_1T\right)^{-1} \cdot {}^0_4T_r = \left({}^0_1T\right)^{-1} \cdot {}^0_1T \cdot {}^1_2T \cdot {}^2_3T \cdot {}^3_4T \quad (22)$$

но

$$\left({}^0_1T\right)^{-1} \cdot {}^0_1T = I \quad (23)$$

затова

$$\left({}^0_1T\right)^{-1} \cdot {}^0_4T_r = {}^1_2T \cdot {}^2_3T \cdot {}^3_4T \quad (24)$$

Като се използва (5), обратната матрица $\left({}^0_1T\right)^{-1}$ придобива следния вид:

$$\left({}^0_1T\right)^{-1} = \begin{bmatrix} c\theta_1 & s\theta_1 & 0 & -a_1 \\ 0 & 0 & 1 & -d_1 \\ s\theta_1 & -c\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (25)$$

Извършвайки действията в лявата част на (24), тя придобива вида:

$$\begin{bmatrix} * & * & * & * \\ * & * & * & * \\ * & * & * & -yO_4c_1 + xO_4s_1 \\ * & * & * & * \end{bmatrix} \quad (26)$$

С “*” са означени компонентите на матрицата, които не ни интересуват в момента.

Дясната част на (24) има следния вид:

$$\begin{bmatrix} * & * & * & * \\ * & * & * & * \\ * & * & * & d_2 \\ * & * & * & * \end{bmatrix} \quad (27)$$

Приравняваме елемент (4,3) от (26) на елемент (4,3) от (27) и получаваме:

$$-yO_4c_1 + xO_4s_1 = d_2 \quad (28)$$

В зависимост от конструкцията на багера, тук са възможни два случая:

1) Вертикалната равнина, преминаваща през вертикалната средна равнина на работното съоръжение, преминава и през оста на ротация на подвижната платформа. В този случай $d_2=0$ (фиг.4) и тогава (28) има вида:

$$-yO_4c_1 + xO_4s_1 = 0 \quad (29)$$

и решението на това тригонометрично уравнение е:

$$\theta_1 = \text{atan } 2(xO_4, yO_4) \quad (30)$$

2) Вертикалната равнина, преминаваща през вертикалната средна равнина на работното съоръжение, не преминава през оста на ротация на подвижната платформа. В този случай $d_2 \neq 0$ (фиг.4) и решението на (28) е:

$$\theta_1 = \text{atan} 2(xO_4, yO_4) \pm \text{atan} 2\left(\sqrt{xO_4^2 + yO_4^2 - d_2^2}, d_2\right) \quad (31)$$

Знакът $\pm$ отговаря на двете възможни геометрични конфигурации. По този начин, ъгълът на завъртане на платформата θ_1 може да бъде определен само по зададените x и y координати на т.О₄.

Напълно аналогичен резултат се получава и ако се използват координатите на т.О₃:

$$\left({}^0T\right)^{-1} \cdot {}_3T_r = \left({}^0T\right)^{-1} \cdot {}_1T \cdot {}_2T \cdot {}_3T \quad (32)$$

$$\left({}^0T\right)^{-1} \cdot {}_3T_r = {}_2T \cdot {}_3T \quad (33)$$

Извършвайки действията в лявата и дясната части на (33), те придобиват вида:

$$\begin{bmatrix} * & * & * & * \\ * & * & * & * \\ * & * & * & -yO_3c_1 + xO_3s_1 \\ * & * & * & * \end{bmatrix} \quad (34)$$

$$\begin{bmatrix} * & * & * & * \\ * & * & * & * \\ * & * & * & d_2 \\ * & * & * & * \end{bmatrix} \quad (35)$$

Приравняваме елемент (4,3) от лявата част на елемент (4,3) от дясната част и получаваме:

$$-yO_3c_1 + xO_3s_1 = d_2 \quad (36)$$

и решението е

$$\theta_1 = \text{atan} 2(xO_3, yO_3) \pm \text{atan} 2\left(\sqrt{xO_3^2 + yO_3^2 - d_2^2}, d_2\right) \quad (37)$$

В този случай ъгълът θ_1 може да се определи по зададените координати x и y координати на т.О₃.

2.2.2 Определяне на θ_3 :

Използват се уравненията на затворения контур:

$$\left({}^0T\right)^{-1} \cdot {}_3T_r = {}_2T \cdot {}_3T \quad (38)$$

Лявата част на (38) има следния вид:

$$\begin{bmatrix} * & * & * & xO_3c_1 + yO_3s_1 - a_1 \\ * & * & * & zO_3 - d_1 \\ * & * & * & * \\ * & * & * & * \end{bmatrix} \quad (39)$$

Дясната част на (1) има следния вид:

$$\begin{bmatrix} * & * & * & a_2c_2 + a_3c_{23} \\ * & * & * & a_2s_2 + a_3s_{23} \\ * & * & * & * \\ * & * & * & * \end{bmatrix} \quad (40)$$

Приравняваме елемент (4,1) от (39) на елемент (4,1) от (40):

$$xO_3c_1 + yO_3s_1 - a_1 = a_2c_2 + a_3c_{23} \quad (41)$$

Означаваме $k_1 = xO_3c_1 + yO_3s_1 - a_1$. Приравняваме елемент (4,2) от (39) на елемент (4,2) от (40):

$$zO_3 - d_1 = a_2s_2 + a_3s_{23} \quad (42)$$

Означаваме $k_2 = zO_3 - d_1$. Повдигаме на квадрат лявата и дясната части на (41) и (42) и ги сумираме:

$$k_1^2 + k_2^2 = (a_2c_2 + a_3c_{23})^2 + (a_2s_2 + a_3s_{23})^2 \quad (43)$$

След символни преобразования и опростяване на дясната част се получава:

$$k_1^2 + k_2^2 = a_2^2 + 2a_2a_3c_3 + a_3^2 \quad (44)$$

Отгук се получава

$$c_3 = \frac{k_1^2 + k_2^2 - a_2^2 - a_3^2}{2a_2a_3} \quad (45)$$

Ъгълът θ_3 се пресмята по формулата:

$$\theta_3 = \text{atan} 2\left(c_3, \pm\sqrt{1-c_3^2}\right) \quad (46)$$

2.2.3 Определяне на θ_2 :

Записваме ново уравнение на затвореност на векторния контур:

$$\left({}^1T\right)^{-1} \cdot \left({}^0T\right)^{-1} \cdot {}_3T_r = {}_2T \quad (47)$$

Чрез (5) определяме, че:

$$\left({}^1T\right)^{-1} = \begin{bmatrix} c_2 & s_2 & 0 & -a_2 \\ -s_2 & c_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (48)$$

Лявата част на (47) има следния вид:

$$\begin{bmatrix} * & * & * & c_2(xO_3c_1 + yO_3s_1 - a_1) - a_2 + s_2(zO_3 - d_1) \\ * & * & * & s_2(-xO_3c_1 - yO_3s_1 + a_1) + c_2(zO_3 - d_1) \\ * & * & * & * \\ * & * & * & * \end{bmatrix} \quad (49)$$

Дясната част на (47) има следния вид:

$${}^2_3T = \begin{bmatrix} * & * & * & a_3c\theta_3 \\ * & * & * & a_3s\theta_3 \\ * & * & * & * \\ * & * & * & * \end{bmatrix} \quad (50)$$

Приравняваме елементи (4,1) и (4,2) от (49) на съответните елементи от (50) и получаваме следната система уравнения:

$$\begin{aligned} c_2(xO_3c_1 + yO_3s_1 - a_1) - a_2 + s_2(zO_3 - d_1) &= a_3c\theta_3 \\ s_2(-xO_3c_1 - yO_3s_1 + a_1) + c_2(zO_3 - d_1) &= a_3s\theta_3 \end{aligned} \quad (51)$$

Въвеждаме следните означения:

$$\begin{aligned} k_3 &= xO_3c_1 + yO_3s_1 - a_1, \quad k_4 = zO_3 - d_1, \\ k_5 &= a_3c\theta_3 + a_2, \quad k_6 = a_3s\theta_3. \end{aligned}$$

С използването на въведените означения, системата (51) се преобразува в следния вид:

$$\begin{aligned} c_2k_3 + s_2k_4 &= k_5 \\ -s_2k_3 + c_2k_4 &= k_6 \end{aligned} \quad (52)$$

Тази система е линейна относно синуса и косинуса на ъгъла θ_2 , които след решаването ѝ имат следните стойности:

$$\begin{aligned} s_2 &= \frac{k_4k_5 - k_3k_6}{k_3^2 + k_4^2} \\ c_2 &= \frac{k_3k_5 + k_4k_6}{k_3^2 + k_4^2} \end{aligned} \quad (53)$$

Стойността на θ_2 се пресмята по следната формула:

$$\theta_2 = \text{atan } 2(s_2, c_2) \quad (54)$$

2.4 Определяне на θ_4

Ъгълът θ_4 се определя от изведената вече зависимост (16) и при определени стойности на θ_2 и θ_3 е равен на:

$$\theta_4 = \beta_k - \theta_2 - \theta_3 \quad (55)$$

Ъглите $\alpha_k, \beta_k, \gamma_k$, които определят ориентацията на кофата спрямо неподвижната координатна система се задават по следните съображения: 1) ъгълът γ_k е равен на 90° , тъй като кинематичната

структура на багера не позволява ротация на кофата около оста X_0 ; 2) стойността на ъгъла β_k се определя в зависимост от това дали се извършва технологичен процес или транспортни процеси. При различните видове технологични процеси се използват различни работни органи, чиято правилна експлоатация налага тяхната различна ориентация в пространството. При извършване на процеси на рязане с кофа или гребло, стойността на ъгъла β_k се определя така, че ъгъла на рязане спрямо траекторията на копаене да бъде в допустимите за съответната почва и работен орган граници. При работа с пробивни или ударни работни органи най-често се изисква перпендикулярна ориентация на работния орган спрямо повърхнината. При работа с товарозахватни приспособления се изисква удържане в определена точка и ориентация на строителния елемент в определена плоскост. При извършване на транспортни операции, стойността на ъгъла β_k е такава, че пренасянния в кофата материал да не се разсипва при транспортиране, най-често той е 0° (или 180°) или близък до нула; 3) ъгълът α_k не може да се управлява независимо и той е равен на ъгъла на завъртане на първата става.

От зависимостта

$$\Delta d = {}^0_4d - {}^0_3d = \begin{bmatrix} a_4c_{234}c_1 \\ a_4c_{234}s_1 \\ a_4s_{234} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_4c_\beta c_1 \\ a_4c_\beta s_1 \\ a_4s_\beta \end{bmatrix} \quad (56)$$

при известни координати на точка O_4 , координатите на точка O_3 се пресмятат по следния начин:

$$\begin{bmatrix} xO_3 \\ yO_3 \\ zO_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} xO_4 \\ yO_4 \\ zO_4 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} a_4c_\beta c_1 \\ a_4c_\beta s_1 \\ a_4s_\beta \end{bmatrix} \quad (57)$$

Така определените ъгли на завъртане на звената по зависимости (31), (46), (54) и (55) представяват решението на обратната геометрична задача.

Литература

1. **Sleiman H., Mélin C., Vidolov B.** A variant of time delay control, IMACS'2005.
2. **Ying Li, Wenyuan Liu.** Spatial Kinematics Modeling and Simulation of Wheel Loader Journal of Modeling, Simulation, Identification, and Control(2013) Vol. 1, No. 2 pp.78-88doi:10.7726/jmsic.2013.1006
3. **Craig J.** Introduction to Robotics: Mechanics and Control (3rd Edition) 2004.
4. <http://www.space.com/31735-opportunity-rover-12->

years-mars.html

5.<http://www.space.com/23968-china-moon-rover-historic-lunar-landing.html>

6. **Побегайло П.** Мощные одноковшовые

гидравлические экскаваторы. Выбор основных геометрических параметров рабочего оборудования на ранних стадиях проектирования. URSS. 2014.