

Българско списание за Инженерно ПРОЕКТИРАНЕ

брой №32, април 2017г.

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

Всички статии в списанието се рецензират от членове на редакционната колегия и външни специалисти.

Bulgarian journal for **Engineering Design**

issue №32, April 2017

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

All papers are reviewed by the members of Editorial Board and by external specialists.

Съдържание:

Dynamic simulation of nose landing gear assembly in Autodesk Inventor environment.....	5
K.Metodiev	
Анализ квазистатического движения колесного аппарата в процессе преодоления препятствия типа уступа	11
Д. Гуменнийи., Р. Пархомей, А. Чкалов, М. Ткач.	
Система геометрични интерфейси за интегриране на концептуалното описание в cad модела.....	15
П.Горанов, Е.Тодорова, Д.Георгиева	
Macro for automating the design process of mechanical grippers for industrial robots in cad system Solidworks.....	21
G.Kozlev	
Обзор върху високомоментни задвижвания в манипулаторите и роботите.....	25
Л.Червенков	
Автоматизирано проектиране на предложение за нова конструкция на езичкова игла за плоскоплетачен автомат.....	29
Р.Манолова	
Автоматизирано проектиране на предложение за нова конструкция на иглено легло за плоскоплетачен автомат.....	35
Р.Манолова	
Изследване влиянието на модула на тиле върху амперо-метричен биосензор при пинг-понг ензимна кинетика.....	41
Н.Стоянов, А.Панделова, Б.Джуджев	
Подготовка, преобразование и использование данных в процессе производства электронного аппарата.....	47
В.Смолий	

DYNAMIC SIMULATION OF NOSE LANDING GEAR ASSEMBLY IN AUTODESK INVENTOR ENVIRONMENT

Konstantin METODIEV

Department of Aerospace Control Systems, Space Research and Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: komet@space.bas.bg

Abstract: In the study hereby, a model of aircraft nose landing gear with shock absorber has been assembled and put to the test in Autodesk® Inventor® Dynamic Simulation module. The aim is carrying out simulation of the mechanism work while tyre is rolling along the ground. The assembly includes a dampened spring element which resembles real shock absorbing properties of the strut. An additional force is applied to the assembly so as to simulate the external load stemming from the airframe weight. Power dissipation due to sliding (kinetic) friction between tyre and path is simulated through introducing mechanical efficiency coefficient. The tyre stiffness is neglected. All parts in the model are considered ideally rigid. Having adjusted all quantities above, the developer may carry out a virtual experiment to design optimal shock absorbing characteristics of the assembly.

Key words: Autodesk Inventor, Nose Landing Gear

1. INTRODUCTION

The aircraft landing gear purpose is to provide a suspension during taxi, take-off, and landing. It is designed to absorb and dissipate the kinetic energy of landing impact load, thereby reducing the forces transmitted to the airframe. The landing gear also aids terminating the aircraft motion along the ground using a wheel braking system. It also provides directional control of the aircraft rolling on ground by means of a wheel steering system. It is rather frequently made retractable to minimize the aerodynamic drag on the aircraft airborne.

Inventor Dynamic Simulation and Inventor Simulation Player can simulate and analyze the dynamic characteristics of an assembly in motion under various load conditions. The simulation reveals how parts respond to dynamic loads at any point in the range of motion of the assembly. Developer can then export load conditions at any motion state to Stress Analysis within Inventor or to Microsoft® Excel®.

By defining external forces and moments user can create motion simulations based on position, velocity, acceleration, and torque as functions of time. When defining the behavior of the assembly joints, one can take into account friction, damping, stiffness, and elasticity. The 3D motion using traces might be also visualized.

A major advantage of building an assembly within Inventor environment is reliability of the

obtained design. Not only does Inventor provide ways of visualizing the final product in three dimensions, but it also restricts all parts degrees of freedom accordingly so as to simulate the assembly dynamics correctly. What is more, a contact solver works out a solution if a poor relationship between parts is potentially possible.

The current study examines rigid body dynamics of a prototype of nose landing gear. The obtained results are indicative, i.e. they do not repeat carrying out real experiment nor any test method currently available.

2. THEORY

Considering one – dimensional problem of spring mass dampened system, the governing ODE is, [1]

$$\ddot{x} + 2n\dot{x} + k^2x = h \sin(pt + \delta) \quad (1)$$

where following replacements were made:

$$k = \sqrt{\frac{c}{m}} \quad n = \frac{\beta}{2m} \quad h = \frac{H}{m} \quad (2)$$

The equation (1) is linear nonhomogeneous with constant coefficients. The general solution is a sum of homogenous ODE integral, describing a damped harmonic oscillator motion, and a particular integral, describing forced oscillations. Depending upon n / k ratio, three distinct solution cases exist.

The amplitude of the forced motion A and phase shift angle ε between forced oscillations and external load might be computed by following formulae:

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{(1-z^2)^2 + 4v^2z^2}}$$

$$\varepsilon = \begin{cases} \arctan \frac{2zv}{1-z^2}, & 0 \leq z < 1 \\ \arctan \frac{2zv}{1-z^2} + \pi, & z > 1 \end{cases} \quad (3)$$

In eq. (3) following replacements were made:

$$z = \frac{p}{k} \quad v = \frac{n}{k} \quad A_0 = \frac{h}{k^2} \quad \lambda = \frac{A}{A_0} \quad (4)$$

where notation is adopted as follows: dynamic coefficient, λ [-], and distortion coefficient, z [-]. In addition, frequency and phase response plots might be drawn further by means of quantities above.

Thorough description of eq. (1) solution is beyond scope of the present study. Further details may be found in [1]. For the current research needs, frequency and phase response plots are solely essential.

3. MODEL DEVELOPMENT

3.1. Assembly description.

The assembly outline is depicted in Fig. 1. It contains an adjustable damped spring accommodated in the main cylindrical body. The cardan joint provides link between the fork and the piston placed right beneath the spring. The rim and tyre sub-assembly is mounted within certain distance to the strut axis. In this way, the so-called trailing link scheme is formed. This assembly is said to be more secure against Shimmy phenomenon. The leading part of the fork is connected to the strut by an arm. It, in turn, provides a way of transferring torque between the tyre and the strut. A vibration extingisher is mounted in front of the strut connecting both stationary and movable halves of it. It is an additional instrument that prevents Shimmy from happening.

An exemplary aircraft utilizing similar scheme is Aero Vodochody L-29 Delfin, [2].

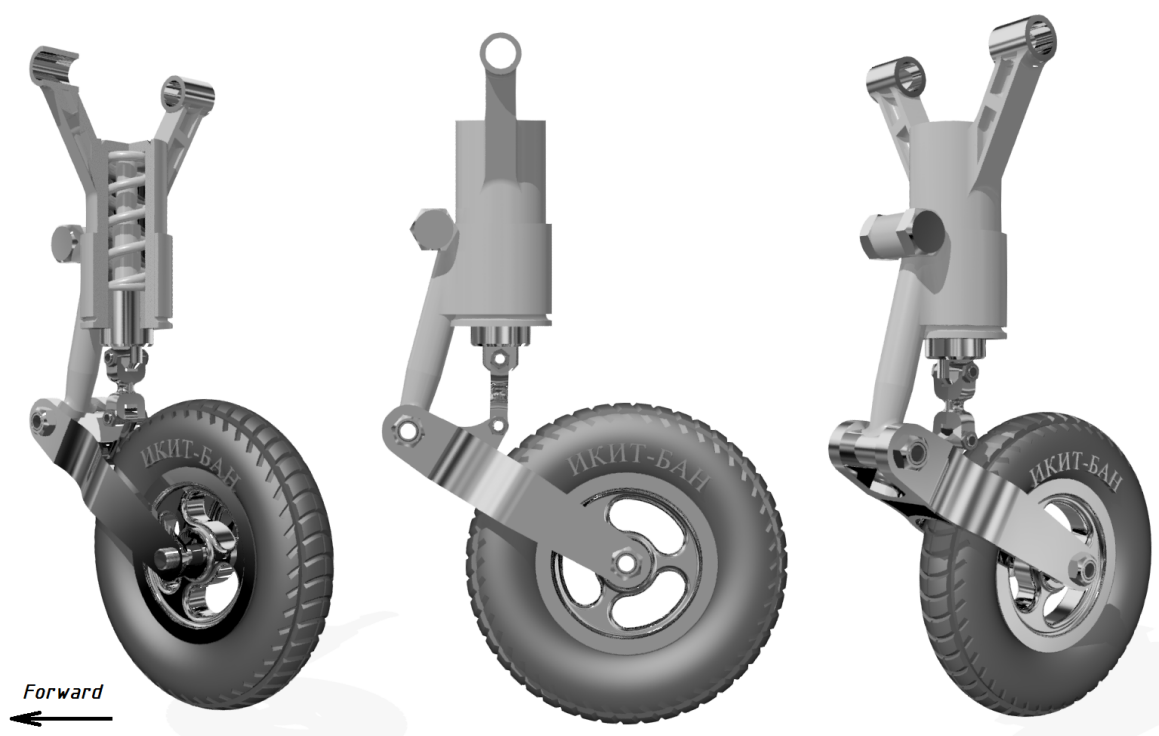


Fig. 1. Outline of the tested assembly

3.2. Adjusting Dynamic Simulation parameters.

The three dimensional model contains about 20 parts. Full description of individual sketches, parts, and joints development is beyond the article scope. The reader may look into the workflow by visiting web page [3] and downloading the model for free. Furthermore, the End User License Agreement must be obeyed.

What appears to be a particular interest is setting up the dynamic simulation. This involves taking three main steps: getting the tyre to roll along a path, introducing the dampened spring, and finally applying the external load. The first step is depicted in Fig. 2. In order to implement rolling motion, two additional sketches must be drawn, i.e. a circle at the tyre side, and a straight line along the path. In the assembly file, both sketches are related to each other by tangent and rotation/translation constraints. Having opened the Dynamic Simulation module, the user must add a rolling joint between two sketches additionally. It should be edited further in the context menu so as to introduce the efficiency factor. Finally, both sketches should be switched off by clicking on the Visibility check box.

An adjustable dampened spring joint is readily available in Dynamic Simulation module. It is important to note that no sub-assembly development is necessary. Autodesk Inventor draws the dampened spring itself following adjustments assigned by the developer. The relevant dialog box lets the user fill in spring stiffness, damping factor, and many other values. It is available by clicking on the Insert Joint icon in the Ribbon and choosing the Spring/Damper/Jack from the dropdown menu. The spring orientation adjustment is straightforward.

The third step, i.e. applying the external load, affords an opportunity to assign a harmonic oscillation for the force pattern. The force load icon is available in the Ribbon. Having clicked on it, the user must choose the Input Grapher option from the Magnitude checkbox. A graphical dialog appears providing a user friendly way to assign the load values in the course of time.

A final important note should be made. In the presented model, it is the path that moves right below the tyre, not the strut assembly. The latter is restricted in space. It is solely capable of performing vertical motion which does not deteriorate the simulation fidelity. In order to implement this, an additional

Spatial joint must be applied to the path. The relevant degree of freedom should be edited by assigning constant velocity value.

The described approach toward setting up the dynamic simulation process lets the developer get an alternative numerical solution of eq. (1). The algorithm is developed by author of the paper. Presumably, other ways of implementing the simulation are also possible.

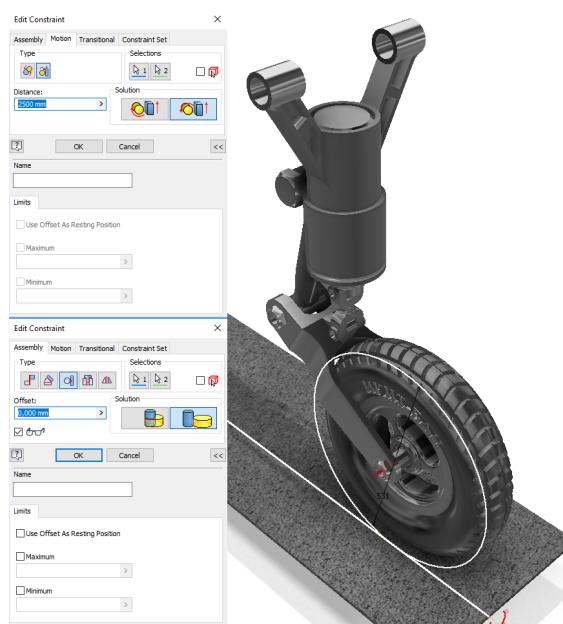


Fig. 2. Applying tangent and rotation/translation constraints.

3.3. Initial case study.

Aluminum 6061 alloy with density of 2.7 g/cm^3 has been assigned to all parts in the assembly except for the rubber tyre and the spring itself. In this way, the mass affecting the spring amounts to 12 kg. The spring stiffness is $20\text{E}+03 \text{ N/m}$ whilst the damping factor is 200 N.s/m . The external load is parallel to the strut axis and varies in time according to the periodic law:

$$P = H \sin(pt + \delta) = 63,2 \sin(50t) \quad (5)$$

The nose gear is moving along the path at constant speed of $2,5 \text{ m/s}$. The efficiency factor in Rolling Joint dialog box is set to 0,9.

The damped spring settings are subject to further refinement should initial values above produce unsatisfactory results.

4. RESULTS

Considering the described initial case study and formulae (3), both frequency and phase plots are drawn firstly. These plots are depicted in Fig. 3.

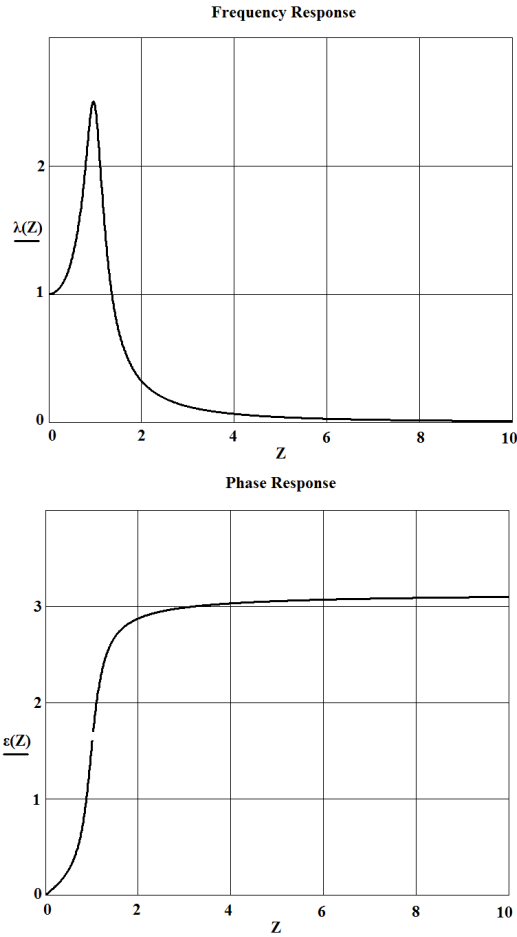


Fig. 3. Frequency and phase response plots

In Fig. 4. results are plotted after tracing out the system behavior. These plots are derived by means of the Output Grapher module. The upper half shows summation of forced and natural oscillations. The lower half shows the applied external force. The distortion coefficient z in this case equals 1,224 which is slightly above the resonance value. According to Fig. 3, bottom half, the phase shift is $(2,355 - \pi)$ rad. The amplitude of pure forced part of the motion, according to eq. (4), is 4,48 mm.

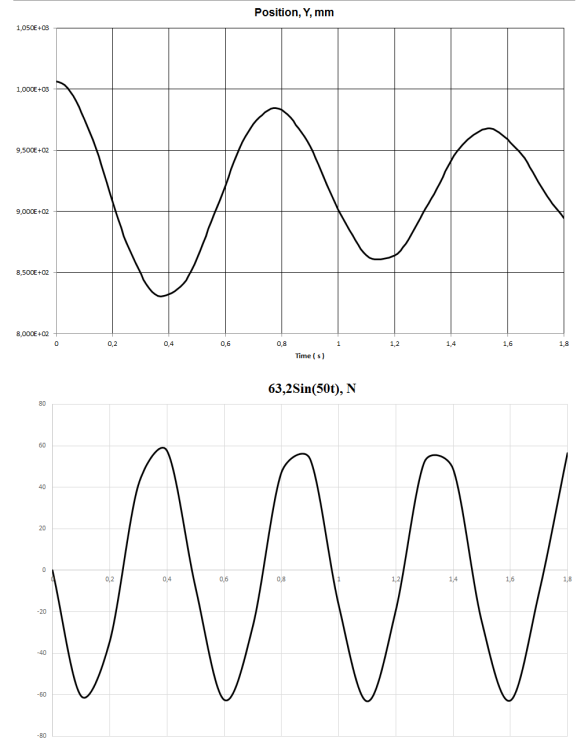


Fig. 4. Total vertical motion of the assembly (top) and applied external load

In addition, an alternative settings of damped spring were made so as to attenuate the oscillatory motion as quick as possible. A common approach is to heighten the damping factor, i.e. $\beta = 1000$ N.s/m. The results obtained after carrying out the new simulation are depicted below. In this case, the coefficient $\nu = 1,021$.

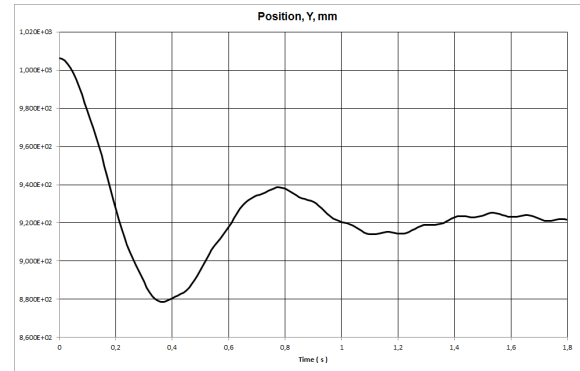


Fig. 5. Total vertical motion of the assembly

5. DISCUSSION

The presented study demonstrates an exemplary algorithm of preliminary design of nose landing gear prior to production stage. It also reveals the abilities of Autodesk Inventor to save up resources and time.

The pattern of frequency and phase response plots is dependent of damping factor and spring stiffness. This is why the plots are unique for current spring settings. Regarding curves depicted in Fig. 3, the parameter $\nu = 0,2$ which is well below the critical value of $\nu = \sqrt{2}/2$, [1]. The higher the value of parameter ν , the lower the forced amplitudes are. Special attention should be given to distortion coefficient $z = 1$. At this point, the forced oscillations of the system reach maximum. The phase shift might be computed by means of atan2 function. Its value is always $\varepsilon = \pi/2$, i.e. it does not depend upon ν .

A natural extension of the present study is exporting results to Finite Element Analysis module. In this way, the stress distribution within each part due to motion dynamics could be investigated.

Short videos of dynamic simulation process may be watched on links [4, 5].

6. NOMENCLATURE

x – generalized coordinate, m
 m – mass, kg
 p – angular frequency, s^{-1}
 t – time, s
 c – spring stiffness, N/m
 β – damping factor, N.s/m
 A, H – amplitude, m, resp. N
 δ, ε – phase shift, rad

Literature

1. Бъчваров, С., А. Джонджоров, Б. Чешанков, Н. Малинов, Методично ръководство за решаване на задачи по теоретична механика, част II, Динамика, София, Техника, 1991, стр. 105
2. https://en.wikipedia.org/wiki/Aero_L-29_Delfin, visited on 1st of March, 2017
3. <https://grabcad.com/library/nose-landing-gear-7>, visited on 1st of March, 2017
4. <https://www.youtube.com/watch?v=d0F5xhuQv3Y>, visited on 1st of March, 2017
5. https://www.youtube.com/watch?v=AGWnn_LRRqA, visited on 1st of March, 2017

СИМУЛАЦИЯ НА ДИНАМИКАТА НА НОСОВ КОЛЕСНИК В СРЕДА AUTODESK INVENTOR

Константин МЕТОДИЕВ

Секция „Аерокосмически системи за управление“, Институт за космически изследвания и технологии – БАН
e-mail: komet@space.bas.bg

Резюме: В настоящото изследване е съставен модел на носова амортизационна стойка тип лостова схема с вътрешен амортизатор и в последствие изпитан в модула Dynamic Simulation на продукта Autodesk® Inventor®. Целта е провеждане на симулация на работата на механизма в случай на търкаляне на колелото по грунда. Сглобената единица включва еластичен елемент с демпфер, които имитират вибропоглъщащите свойства на реална стойка. Допълнителна сила е приложена към конструкцията, за да се имитира външно натоварване, произхождащо от теглото на планера. Разсейването на мощност от триене при търкаляне на гумата по грунда се отчита посредством механичен КПД. Коравината на гумата се пренебрегва. Всички части на конструкцията се считат за идеално твърди. След така направените допускания, потребителят има възможност да проведе виртуален експеримент и проектира оптимални характеристики на механизма.

Ключови думи: Autodesk Inventor, носов колесник

АНАЛИЗ КВАЗИСТАТИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ КОЛЕСНОГО АППАРАТА В ПРОЦЕССЕ ПРЕОДОЛЕНИЯ ПРЕПЯТСТВИЯ ТИПА УСТУПА

Д.О. ГУМЕННИЙ¹ А.В. ЧКАЛОВ² М.М. ТКАЧ³ И.Р. ПАРХОМЕЙ⁴

^{1,3,4}кафедра „Технической кибернетики”,

Национальный технический университет Украины «КПИ им. Игоря Сикорского», Украина

e-mail: d.gumennuy@kpi.ua

²кафедра „Системного проектирования”,

Национальный технический университет Украины «КПИ им. Игоря Сикорского», Украина

e-mail: tchkalov@gmail.com

Резюме: В публикации рассматривается движение мобильного колесного робота в процессе преодоления ним препятствия. Кинематическая схема представленного робота включает корпус и две двухосные тележки — переднюю и заднюю, изображенные в плоскости. Преодоление препятствия осуществляется путем качения передних колес передней тележки по вертикальной стенке уступа, в то время как остальные колеса, сохраняя контакт с горизонтальной поверхностью дороги, создают усилие давления переднего колеса на стенку. Получено аналитическое выражение для величины коэффициента трения, достаточного для успешного выполнения описанного маневра. Представлены результаты численного моделирования движения аппарата в процессе преодоления препятствия. Также в публикации показано разработку компьютерной модели колесного робота. В компьютерной модели рассматриваются динамические свойства робота и его взаимодействие со средой. Аналитические и компьютерные модели могут быть применены для автоматизации проектирования робототехнических систем, изделий и моделирования их проходимости.

Ключови думи: колесный робот, кинематическая схема, преодоление препятствия.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Проектирование самоходных роботов повышенной проходимости является актуальной задачей, привлекающей внимание множества исследователей. Одним из наиболее сложных и в то же время достаточно распространенных препятствий для универсальных самоходных механизмов являются ступени или уступы. Успешное преодоление уступов возможно при выполнении определенных условий, которые определяются индивидуально в зависимости от конструкции ходовой части робота [1-4].

В данной работе рассматривается аппарат состоящий из кузова и двухколесных тележек, которые соединены с кузовом посредством цилиндрических шарниров (фиг. 1). К каждому из колес передней тележки приложен относительно ее корпуса вращающий момент, одинаковый для всех колес. Аналогичный момент приложен к колесам задней тележки.

Определим, при каких условиях аппарат способен преодолеть препятствие типа уступа путем качения передних колес вверх по шероховатой вертикальной стенке препятствия. Коэффициент

кулонова трения на горизонтальной и вертикальной поверхностях будем считать одинаковым по направлению и равным по значению. Будем рассматривать лишь квазистатические режимы движения, то есть такие, при которых каждая мгновенная конфигурация системы удовлетворяет условиям статического равновесия.

2. АНАЛИЗ РАВНОВЕСИЯ АППАРАТА В ПРОЦЕССЕ ПОДЪЕМА

Расчетная схема аппарата представлена на фиг. 1.

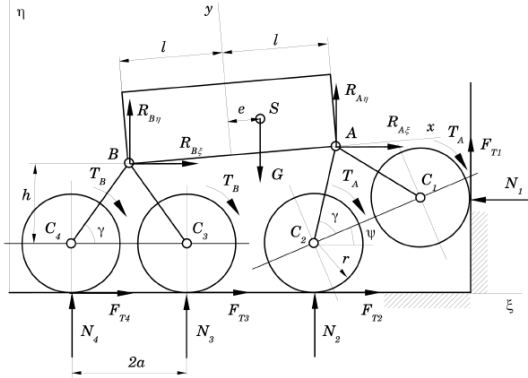
Составим уравнения статического равновесия элементов системы.

Задняя тележка:

$$\begin{aligned}\sum F_{\xi i} &= -R_{B\xi} + F_{T3} + F_{T4} = 0; \\ \sum F_{\eta i} &= -R_{B\eta} + F_{T3} + F_{T4} = 0; \\ \sum M_{Bi} &= (N_3 - N_4)a + (F_{T3} + F_{T4})(h + r) = 0,\end{aligned}\tag{1}$$

где f – составляющие силы реакции в шарнире B со стороны тележки на кузов; N_3 , N_4 – нормальные составляющие сил реакции в точках контакта

колес с опорной поверхностью; F_{T3} , F_{T4} – силы трения (сцепления) в точках контакта.



фиг.1 Расчетная схема аппарата

Кроме того, в случае качения колес без проскальзывания, выполняются условия:

$$F_{Ti} = F_{TB} = r^{-1} T_B \leq f N_i; \quad (i = 3, 4) \quad (2)$$

Кузов:

$$\begin{aligned} \sum F_{\zeta i} &= R_{A\zeta} + R_{B\zeta} = 0; \\ \sum F_{\eta i} &= R_{A\eta} + R_{B\eta} - G = 0; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\sum M_{Pi} = R_{A\eta} l - R_{B\eta} l - G e = 0.$$

Здесь e – продольное смещение центра тяжести кузова относительно его геометрического центра. Пренебрегая незначительным наклоном кузова по отношению к плоскости горизонта для передней тележки получим:

$$\sum F_{\zeta i} = F_{T2} - N_1 - R_{A\zeta} = 0;$$

$$\sum F_{\eta i} = F_{T1} + N_2 - R_{A\eta} = 0;$$

$$\begin{aligned} \sum M_{Ai} &= -N_2 (a \cos \psi - h \sin \psi) - N_1 (h \cos \psi - a \sin \psi) + \\ &+ F_{T2} (h \cos \psi + a \sin \psi + r) + F_{T1} (h \sin \psi + a \cos \psi + r) = 0. \end{aligned}$$

Здесь ψ – текущий угол наклона продольной оси передней тележки к плоскости горизонта. В момент начала преодоления препятствия $\psi = 0$.

Также, при отсутствии проскальзывания колес, имеет место соотношение:

$$F_{Ti} = F_{TA} = r^{-1} T_A \leq f N_i; \quad (i = 1, 2) \quad (5)$$

Исключая из систем уравнений (1), (3), (4) составляющие сил реакции в шарнирах A , B и полагая $\psi = 0$, получим следующие уравнения:

$$F_{T3} + F_{T4} + F_{T2} - N_1 = 0; \quad (6)$$

$$N_3 + N_4 = \frac{l-e}{2l} G; \quad (7)$$

$$F_{T3} + F_{T4} + F_{T2} - N_1 = 0; \quad (8)$$

$$N_2 = \frac{l+e}{2l} G - F_{T1}; \quad (9)$$

$$h N_1 + a N_2 = (a+r) F_{T1} + (h+r) F_{T2}. \quad (10)$$

Из (6), (9) с учетом (2), (5) получим

$$N_1 = 2 F_{TB} + F_{TA}; \quad (11)$$

$$N_2 = \frac{l+e}{2l} G - F_{TA}. \quad (12)$$

Подставляя эти выражения в (10), получим

$$(a+r) F_{TA} - h F_{TB} = \frac{l+e}{4l} a G. \quad (13)$$

В частности, при $h=0$ имеем:

$$F_{TA} = \frac{l+e}{4l} \cdot \frac{a}{a+r} G. \quad (14)$$

Такой должна быть сила трения для обеспечения начала подъема передней тележки на препятствие. Вопрос о необходимой силе давления на вертикальную стенку рассмотрим ниже. Также заметим, что при $h>0$ потребуется большая сила. Таким образом, с ростом высоты h подъем тележки на препятствие затрудняется.

Из (8), (9) находим:

$$2a N_2 = \frac{l-e}{2l} a G - 2(h+r) F_{TB}; \quad (15)$$

$$4a N_4 = \frac{l-e}{2l} a G + 2(h+r) F_{TB}. \quad (16)$$

Очевидно, что $N_4 > N_3$. Тогда, максимальная сила трения F_{TB} ограничивается величиной N_3 :

$$F_{TB} \leq f N_3.$$

С учетом выражения (15)

$$F_{TB} \leq f \frac{l-e}{4l} \cdot \frac{a}{a+h+r} G. \quad (17)$$

Таким образом, при $h>0$ ухудшается проходимость аппарата, так как ограничивается максимальная сила сцепления. Поэтому в дальнейшем анализе полагаем $h=0$.

Пусть сила F_{TB} максимальна. Тогда из (11) получим

$$N_1 = f \frac{l-e}{4l} \cdot \frac{a}{a+h+r} G + F_{TA}. \quad (18)$$

По условию не проскальзывания

$$F_{TA} \leq fN_1; \text{ и } F_{TA} \leq fN_2.$$

С учетом выражений (18), (12) получим следующую систему неравенств:

$$F_{TA} \leq \frac{f^2}{1-f} \frac{l-e}{2l} \frac{a}{a+r} G;$$

$$F_{TA} \leq \frac{f}{1+f} \frac{l+e}{2l} G.$$

Очевидно, что первое из этих неравенств является более строгим, то есть именно оно определяет максимально возможную силу F_{TA} . Сравнение этой величины с необходимой силой (14) приводит к неравенству

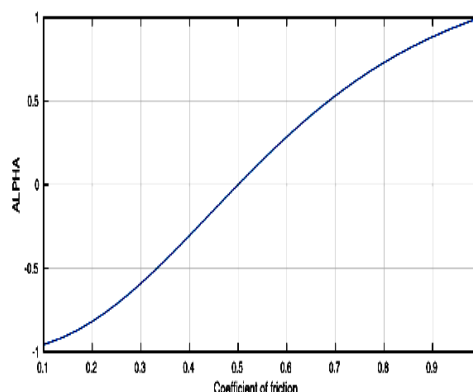
$$\frac{l+e}{4l} \cdot \frac{a}{a+r} aG \leq \frac{f^2}{1-f} \frac{l-e}{2l} \frac{a}{a+r} G;$$

которое после упрощения приводится к виду

$$\frac{1+\alpha}{1-\alpha} \leq \frac{2f^2}{1-f}. \quad (19)$$

где $\alpha = el^{-1}$ – безразмерный параметр, определяющий относительное смещение центра тяжести аппарата вдоль его продольной оси; при $\alpha \rightarrow 1$ центр тяжести смещается в сторону передней тележки, при $\alpha \rightarrow -1$ – в сторону задней.

На фиг. 2 представлена зависимость предельно допустимого параметра α – от коэффициента трения. Откуда видно, что преодоление уступа аппаратом с несмещенным центром тяжести ($\alpha = 0$) возможно при $f > 0.5$. При более низких коэффициентах трения преодоление препятствия требует смещения центра тяжести в сторону задней тележки. В частности, при α близком к 1 (почти весь вес аппарата приходится на заднюю тележку) преодоление препятствия возможно даже при минимальном коэффициенте трения. Напротив, при смещении центра тяжести аппарата в сторону передней тележки необходимый для преодоления препятствия коэффициент трения возрастает.



фиг. 2 График зависимости допустимого смещения центра тяжести аппарата от коэффициента трения

3. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕОДОЛЕНИЯ ПРЕПЯТСТВИЯ

Компьютерное моделирование процесса преодоления аппаратом препятствия выполнено в среде *MATLAB*, *Simulink* с использованием моделей механических компонентов из библиотеки *SimMechanics*. Блок-схема модели, представленная на рис. 3, включает модель корпуса аппарата (*Vehicle body*), передней и задней тележек (*Cart A*, *Cart B*), четырех колес (*Wheel A/B head/back*) и связывающих их шарниров.

Модель колеса включает описание контактного взаимодействия между колесом и опорной поверхностью. Для описания нормальной составляющей силы реакции опорной поверхности использована модель абсолютно неупругого контакта:

$$R_n = \begin{cases} k * z * v_z - \text{если } z < 0, v_z < 0; \\ 0 - \text{в остальных случаях} \end{cases}$$

где R_n – нормальная составляющая силы реакции (положительная в направлении внешней нормали к поверхности); k – величина зазора между контактной точкой колеса и опорной поверхностью (определяется глубиной проникновения колеса в поверхность); v_z – нормальная составляющая скорости точки контакта; z – коэффициент реакции поверхности.

Для описания тангенциальной составляющей силы реакции, которая физически представляет

собой силу трения, использована аппроксимация, которая обеспечивает непрерывность при переходе величины скорости скольжения в точке контакта через нулевое значение:

$$R_t = \begin{cases} -fR_n \sin nv_t - \text{если } |v_t| > v_0; \\ -B_{v_t} - \text{в остальных случаях} \end{cases},$$

где v_0 – тангенциальная составляющая силы реакции; R – сила трения; B – коэффициент трения скольжения; v_t – «допуск на скорость», который выбирается достаточно малым, чтобы относительное скольжение с такой скоростью можно было условно отождествить с состоянием относительного покоя в точке контакта.

Как показано в [3, 5], при отсутствии ударных взаимодействий в тангенциальном направлении, результаты моделирования мало чувствительны к величине допуска. Таким образом, выбор его величины диктуется исключительно соображениями устойчивости вычислительного процесса.

Результаты проведенного моделирования подтверждают изложенные выше аналитические зависимости, а именно, при выполнении условия

(19) наблюдается отрыв переднего колеса передней тележки от горизонтальной поверхности и его устойчивое качение по вертикальной поверхности уступа, что и обеспечивает успешное преодоление препятствия.

Литература

1. Wilhelm A. et al. Dynamics of step-climbing with deformable wheels and applications for mobile robotics //2007 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. – IEEE, 2007. – С. 783-788.
2. Kumar K. N. et al. Design And Development Of Adjustable Stair Climbing Robot //International Journal Of Research In Engineering And Technology. – 2013. – Т. 2. – №. 04.
3. Kim D. et al. Optimal design and kinetic analysis of a stair-climbing mobile robot with rocker-bogie mechanism //Mechanism and machine theory. – 2012. – Т. 50. – С. 90-108.
4. Strah B., Rinderknecht S. SMART WHEEL-BASED STAIR-CLIMBING ROBOT. – 2015.
5. Гуменний, Д.О. "Автоматизация процессу керування усталеним рухом антропоморфного крокуючого апарата." (2016).

ANALYSIS OF THE QUASI-STATIC MOVEMENTS OF THE WHEEL DEVICE IN THE PROCESS OF OVERCOMING OBSTACLES SUCH AS SHOULDER

Dmytro HUMENNYI¹ Aleksey CHKALOV² Michail TKACH³ Igor PARHOMEY⁴

^{1,3,4}Department of technical cybernetics,
National technical university of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine
e-mail: d.gumennuy@kpi.ua

²Department of systems designs,
National technical university of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine Bulgaria
e-mail: tchkalov@gmail.com

Abstract: The motion of wheeled-mobile robot in the process of barrier overcoming is considered. A kinematic diagram of the robot includes a body and two two-axle carts, front and back. Barrier overcoming is carried out by rolling of the front wheels of the front cart on the vertical wall of the step, while other wheels, keeping contact with the horizontal surface of the road, creating a pressure force of the front wheel on the wall. An analytical expression for the coefficient of friction sufficient to successfully perform the maneuver is obtained. Numerical simulation results of motion of the apparatus in the process of barrier overcoming are represented.

Keywords: wheeled robot, kinematic scheme, overcoming obstacles.

СИСТЕМА ГЕОМЕТРИЧНИ ИНТЕРФЕЙСИ ЗА ИНТЕГРИРАНЕ НА КОНЦЕПТУАЛНОТО ОПИСАНИЕ В CAD МОДЕЛА

Петър ГОРАНОВ¹ Елена ТОДОРОВА² Десислава ГЕОРГИЕВА³

¹катедра ОТСК Технически университет - София, България

e-mail: pvgor@tu-sofia.bg

²катедра ОТСК, Технически университет - София, България

e-mail: etodorova@tu-sofia.bg

³катедра ОТСК, Технически университет - София, България

e-mail: desyst@abv.bg

Резюме: CAD системите са основен софтуерен инструмент за конструиране на технически изделия. От друга страна те са предназначени основно за работа с геометрична информация и не поддържат в достатъчна степен дейностите, свързани с абстрактно представяне на изделието. В настоящата работа интегрирането на концептуалното и геометричното описание се обсъжда от гледна точка автоматично пренасяне на решенията, взети на етап концептуално конструиране, в по-късните етапи от процеса на конструиране, по-точно етапа на геометрично оформяне. За целта се предлага система интерфейси, които обхващат всички етапи от процеса на конструиране. Те се разглеждат на различни нива на абстракция, които съответстват на нивата на конкретизация на геометричната информация. Предлага се подход, който позволява въз основа на информацията от разширената структурна схема автоматично да се генерира CAD моделът на сглобената единица, скелетите на детайлите и функционалните повърхнини. Ползата е непрекъснатост на информационния поток и значително намаляване на обема на техническата работа, породена от многократно въвеждане на една и съща информация.

Ключови думи: CAD, разширена структурна схема, концептуален модел, геометрични интерфейси

1. УВОД

CAD системите представляват високо развити софтуерни инструменти за моделиране на тримерна геометрия. От друга страна тяхната функционалност не е обвързана в достатъчна степен с дейностите, които съставляват процеса на конструиране и съпътстващото документиране на получените резултати.

Обикновено процесът на конструиране започва с разработване концепцията на изделието, представена под формата на схеми, скици, списъци и записки. С развитието на проекта информацията се конкретизира докато се постигне пълно и завършено геометрично описание на изделието. CAD системите са ефикасни на по-късните етапи от процеса на конструиране, по време на които се създава актуална геометрия. Основна причина за неприложимостта на CAD системите на ранните етапи от процеса на конструиране е обстоятелството, че те не поддържат абстрактни геометрични обекти.

По принцип всички CAD системи предлагат т.н. справочна геометрия. Основното

предназначение на тази геометрия е улесняване изграждането на актуалното геометрично описание. От друга страна справочните геометрични елементи представляват всъщност абстрактни математически елементи – точки, прави и равнини. Независимо от това CAD системата ги третира по същия начин, както геометричните елементи от актуалното геометрично описание – напр. те може да се свързват с геометрични ограничения за позициониране. Това позволява справочните геометрични елементи да се използват за създаване на абстрактно описание на изделието.

Съществуват редица изследвания, в които се обсъждат различни възможности за абстрактно представяне на изделието. Основната идея е създаване на т.н. „скелет“ на сглобената единица, който се състои от абстрактни (справочни) геометрични елементи. По този начин се реализира методът на конструиране „отгоре-надолу“, който съответства на естественото развитие на конструкторския проект. Основните задачи, които се решават със „скелета“ на сглобената единица включват анализ на кинематиката, разпределяне на пространството и

дефиниране на граници, позициониране на детайлите.

В настоящата работа се дефинира система от геометрични интерфейси, която позволява автоматично да се генерира актуална геометрия въз основа на абстрактното описание на изделието.

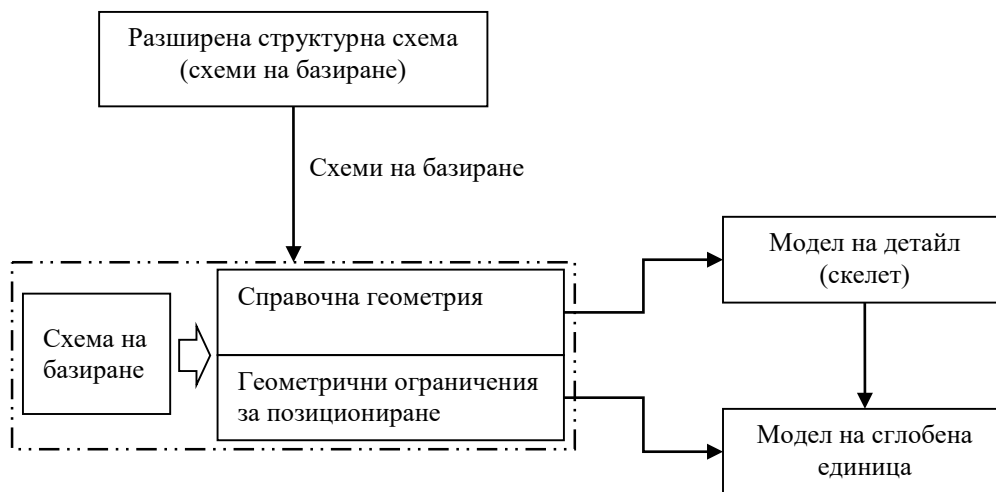
2. ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР

В [4] се разглеждат проблеми, свързани със степента на поддръжка на конструкторската информация от PLM/CAD системите. Посочено е, че информацията, свързана с концептуалния етап от процеса на конструиране, е ограничена основно до спецификация на изискванията и документи, описващи архитектурата на продукта. Това създава проблеми като прекъсване на информационния поток, затруднения при проследяване развитието на проекта, сложно поддържане на свързани данни и многократно въвеждане на една и съща информация. Поради това е необходимо да се разработи методология и софтуерни инструменти, които да подобрят

комуникацията между отделните етапи от процеса на конструиране.

Включването на резултатите от концептуалния етап от процеса на конструиране в общото геометрично описание на изделието обикновено се свързва с прилагане на метод на конструиране „отгоре-надолу” и създаване на скелета на сглобената единица. В [5] се обсъжда методология, наречена „Конструиране, насочено към сглобената единица”. Според тази методология концептуалният модел се интегрира в структурата на изделието и служи като обща база както за създаването на детайлите, така и за сглобената единица.

В [3] за управление на информацията по време на целия процес на конструиране се използва метод на конструиране „отгоре-надолу” наречен SKL-ACD (дефиниране на контекста на сглобената единица посредством моделиране на нейния скелет). Скелетът служи за дефиниране на функционалните повърхнини и разпределяне на пространството. Въз основа на тези данни се извършва многокритериална оптимизация, което позволява да се намери най-доброто решение.



Фиг.1 Автоматично генериране на скелетите на детайлите и модела на сглобената единица

В [2] разширената структурна схема се разглежда като концептуален модел на сглобената единица. В схемата се добавя информация за съвместното ориентиране на детайлите съгласно Теория на базирането. Добавянето на допълнителна инженерна информация в структурната схема и нейното интегриране с CAD модела позволява автоматично да се генерират скелетите на детайлите и моделът на сглобената единица.

Тясното интегриране на концептуалния модел и CAD модела, което позволява висока степен на автоматизация и намаляване на техническата работа, е причина в настоящата работа да се използва подходът, предложен в [2]. В [2] се разглеждат проблемите, свързани с позиционирането на детайлите в модела на сглобената единица. Тук този подход се разширява с дефиниране на геометрични интерфейси, съдържащи функционалните повърхнини на детайлите.

3. СИСТЕМА ГЕОМЕТРИЧНИ ИНТЕРФЕЙСИ

3.1. Абстракция на геометричните интерфейси

Съгласно [1] геометричният интерфейс обобщава възможността на компонентите да образуват съединения. Най-общо може да се дефинират следните нива на абстракция:

- наличие на геометрична връзка между два компонента – структурна схема;
- позициониране на компонента – набор справочни геометрични елементи (скелет на компонента), които служат да позициониране на компонента в сглобената единица, както и за позициониране на свързани компоненти;
- функционални повърхнини – актуалните повърхнини на детайлите, които участват в съединение.

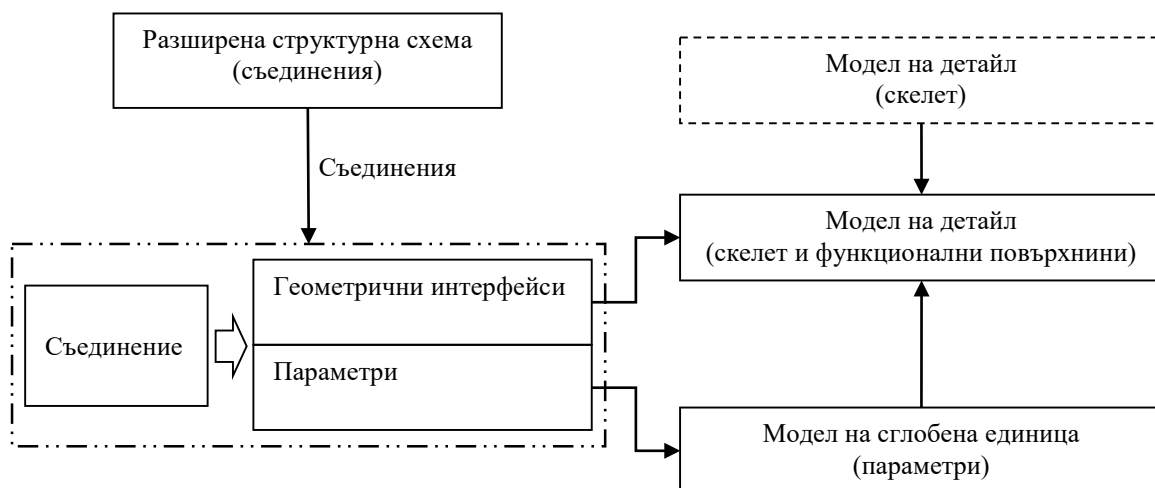
3.2. Интегриране на концептуалното описание в CAD модела

Тук интегрирането на концептуалното и геометричното описание се обсъжда от гледна точка автоматично пренасяне на решенията, взети на етап концептуално конструиране, в по-късните етапи от процеса на конструиране, по-точно етапа на геометрично оформяне. Основният проблем в

тази връзка е обстоятелството, че по време на концептуалното конструиране се работи с абстрактна представа за изделието – геометрично описание липсва напълно или има отделни частични решения, представени под формата на концептуални скици. Този проблем се решава посредством дефиниране на съответствие между абстрактното означение на интерфейсите и

Съединение	Графично изображение	Геометрични интерфейси
ЧЦС-1		ЦЧ-О Ц-В
ЧЦС-2		ЧЦ-В Ц-О
ЧЦС-3		Ц-О Ц-О
ЧЦС-4		Ц-О Ц-О

фиг.2 Челно-цилиндрични съединения и съответните геометрични интерфейси
(p – базова равнина; o – базова ос)



фиг.3 Автоматично генериране на функционални повърхнини

тяхното геометрично конкретизиране със средствата на CAD системите.

Както беше посочено по-горе, разширената структурна схема се разглежда като абстрактно описание на изделието. Тя се натоварва с допълнителна информация, съдържаща решенията, взети на етапа на концептуално конструиране. Абстрактното представяне на геометричните интерфейси включва една или няколко от следните характеристики:

- наименование;
- наличие на геометрична връзка между два компонента;
- функционални характеристики на геометричната връзка;
- параметри.

Геометричното представяне на интерфейсите, съобразено с функционалността на CAD системите, може да съдържа следното:

- абстрактни повърхнини и оси, представени като справочна геометрия;
- наложени геометрични ограничения за позициониране, най-често съвпадане на повърхнини и оси;
- актуална геометрия, представена като геометрични елементи, които се поддържат от CAD системата;
- числени стойности, представляващи геометрични параметри.

3.3. Интегриране на ниво позициониране

Интегрирането на концептуалния и геометричния модел е илюстрирано на фиг.1. Структурната схема съдържа информация за базирането на детайлите. Схемата на базиране на всеки детайл се свързва с набор справочни геометрични елементи и геометрични ограничения за позициониране. Тази връзка е обсъдена в [2]. Резултатът е:

- автоматично генериране скелетите на детайлите, представени като справочни геометрични елементи.
- автоматично вмъкване на детайлите в модела на сглобената единица и поставяне на геометрични ограничения за позициониране.

3.4.Интегриране на ниво функционални повърхнини

Видът и характеристиките на съединенията се определят по време на концептуалното конструиране. Резултатите се записват в разширената структурна схема като наименование на съединенията и техните параметри.

Автоматичното генериране на актуалните функционални повърхнини е възможно ако се дефинира съответствието между абстрактното означение на геометричните интерфейси и тяхното представяне в CAD модела. На разглежданото ниво на абстракция геометричните интерфейси представляват повърхнините на детайлите, които участват в съединение. Това съответствие за челно-цилиндрични съединения, е илюстрирано на фиг.2.

На фиг.3 е илюстриран алгоритъмът за автоматично генериране на функционални повърхнини. Функционалните повърхнини може да се разглеждат като повърхнини на геометричен елемент. За да може CAD системата да създаде

3.5.Интегриране на ниво функционални повърхнини

Видът и характеристиките на съединенията се определят по време на концептуалното конструиране. Резултатите се записват в разширената структурна схема като наименование на съединенията и техните параметри.

Автоматичното генериране на актуалните функционални повърхнини е възможно ако се дефинира съответствието между абстрактното означение на геометричните интерфейси и тяхното представяне в CAD модела. На разглежданото ниво на абстракция геометричните интерфейси представляват повърхнините на детайлите, които участват в съединение. Това съответствие за челно-цилиндрични съединения, е илюстрирано на фиг.2.

На фиг.3 е илюстриран алгоритъмът за автоматично генериране на функционални повърхнини. Функционалните повърхнини може да се разглеждат като повърхнини на геометричен елемент. За да може CAD системата да създаде геометричния елемент трябва да се посочат равнините и осите които го фиксират в рамките на модела. Това са справочни геометрични елементи, дефинирани в скелета на детайла. За да бъдат генерирани функционалните повърхнини трябва предварително да е създаден скелетът на детайла.

Параметрите би трябвало да се съхраняват в модела на сглобената единица. В този случай, ако един и същ детайл участва в различни сглобени единици, размерите на функционалните повърхнини ще се коригират автоматично.

4. ОТНОСНО ПРАКТИЧЕСКАТА РЕАЛИЗАЦИЯ

Практическата реализация на предложената система геометрични интерфейси за интегриране на концептуалното и геометричното описание е свързана с решаване на два основни проблема. Първият от тях е изборът на софтуерен инструмент, който ще служи за въвеждане и манипулиране на разширената структурна схема. За целта може да се използва специализирана програма за работа с графи. Така се използва готово решение, което опростява реализацията, но интегрирането с CAD модела е по-сложно. Другата възможност е да се направи специално разширение към CAD системата за работа със схеми. Съвременните 3D CAD предлагат твърде ограничени възможности за работа с двумерна графика, но е възможна реализацията като 2D скица. В този случай разширената структурна схема (концептуалният модел) може да се разглежда като част от CAD модела на изделиято.

Вторият проблем е свързан с автоматичното генериране на интерфейсите като геометрични елементи. Съгласно фиг.2 за челно-цилиндричните съединения се дефинира един параметър, докато за създаване на геометричния елемент в CAD модела е необходимо да се въведат всички размери. Този проблем може да се реши с изчисляване на „щатни” стойности на неизвестните размери, които в последствие се

променят от конструктора, когато той създава окончателната геометрия на детайла.

5. ИЗВОДИ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена е система геометрични интерфейси за интегриране на концептуалното и геометричното описание. Геометричните интерфейси са разгледани на различни нива на абстракция и е обоснована възможността за интегриране на резултатите на всяко от последователните етапи от процеса на конструиране. Ползата е непрекъснатост на информационния поток и значително намаляване на обема на техническата работа, породена от многократно въвеждане на една и съща информация.

Обсъдени са основни проблеми, които са свързани с практическата реализация на разработената система и са предложени възможни решения.

Литература

1.Георгиева Д., Абстракция на геометричните интерфейси на ниво позициониране на детайлите,

Българско списание за инженерно проектиране, 2017, бр. 31, стр.40-44.

2.Горанов П., Е. Тодорова, А. Стоев, Практическа реализация на модела на структурата на механично изделие със схеми на базиране, Научни известия на Научно-техническия съюз по машиностроене, 93, 2006, 278-283.

3.Marconnet B., Demoly F., Monticolo D., Gomes S., An assembly oriented design and optimization approach for mechatronic system engineering, International Journal for Simulation and Multidisciplinary Design Optimization, 2017, vol.8, A7, p.1-10.

4.Torres V., Ríos J., Vizán A., Pérez J., Development to integrate conceptual design tools and a CAD system, Proceedings of the 4th Manufacturing Engineering Society International Conference, 2012, p.22-29.

5.Vielhaber M., Burr H., Deubel T., Weber C., Haasis S., Assembly-oriented design in automotive engineering, Proceedings of DESIGN 2004, the 8th International Design Conference, 2004, p.539-546.

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са финансирани от Вътрешния конкурс на ТУ-София-2017г, Договор N 172ПД0003-06.

A SYSTEM OF GEOMETRICAL INTERFACES TOWARDS AN INTEGRATION OF CONCEPTUAL REPRESENTATION INTO CAD MODEL

Petar GORANOV¹ Elena TODOROVA² Desislava GEORGIEVA²

¹Department of BMD, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: pvgor@tu-sofia.bg

²Department of BMD, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: etodorova@tu-sofia.bg

³Department of BMD, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: desyst@tu-sofia.bg

Abstract: CAD systems are the main software tool for designing technical products. On the other hand, they are primarily designed to work with geometric information and do not support adequately the activities related to abstract representation of the product. In this work the integration of conceptual and geometrical representation is discussed from the perspective automatically transferring the decisions taken at the conceptual design stage in the later stages of the design process, namely the stage of embodiment design. For this purpose a system of interfaces is proposed that covers all stages of the design process. They are considered at different levels of abstraction that correspond to the levels of concretization of geometric information. It is offered an approach that, based on the information of extended structural scheme, allows to automatically generating the CAD model of the assembly, the parts skeletons and the functional surfaces. The usefulness is continuity of information flow and significantly reducing the volume of drudgery work caused by the repeatedly entering one and the same information.

Keywords: CAD, extended structural scheme, conceptual model, geometrical interfaces

MACRO FOR AUTOMATING THE DESIGN PROCESS OF MECHANICAL GRIPPERS FOR INDUSTRIAL ROBOTS IN CAD SYSTEM SOLIDWORKS

Georgi KOZLEV

department „Automation of Discrete Production Engineering”, Technical University – Sofia, Bulgaria

e-mail: gkozlev@mail.bg

Abstract: In this article the main stages of a macro file, which automates the creation of a base 3D model of a mechanical gripper for industrial robots in the CAD system SolidWorks, will be presented. It works in a dialog mode, in which the designer follows predetermined steps and enters the required information. As a result, in SolidWorks a 3D model of the new mechanical gripper is created. This base 3D model can be further modified according to specific design requirements.

Key words: CAD, 3D model, macro file, SolidWorks, gripper, industrial robot

I. INTRODUCTION

Contemporary CAD systems have open architecture, which allows designers, through the use of API (Application Programming Interface), to create additional applications, working in the specific environment, through which it is possible to automate most of the tasks, performed by the system.

SolidWorks, as a CAD system, supports the use of the following programming languages: VBA, VB.NET, Visual C#, Visual C++ 6.0 and Visual C++/CLI, when working with APIs [4]. Through the use of macro files in SolidWorks it is possible to record and then recreate in exactly the same way any task, performed by the system [3]. Once macros are created, they can be used by any other designer or user.

In this article, the creation of a macro file for the automation of the design process of mechanical grippers for industrial robots in SolidWorks is described and the main operating steps are presented.

The macro file is developed using VBA (Visual Basic for Applications), which is accepted as one of the most stable programming languages, when the execution of complex tasks is concerned.

The created macro file is based on previous work this direction, published in [1] and [2].

In this article the specific steps for the creation of a new mechanical gripper will be presented, starting with the choice of robot manufacturer and model, all the way to the weight of the work piece, which will be handled by the industrial robot.

II. EXECUTION OF THE MACRO FILE

After receiving the information from the user, using already predetermined functions and commands, the 3D model is created in SolidWorks. These functions and commands are created using programming language VBA in the macro file.

The information, required for the work of the macro file, is provided to it and saved using dialog windows in SolidWorks. In them, the designer either has to use a certain button to make his choice, or enter a value for a parameter.

Primarily, dialog windows are used to collect information. In addition to this, some of them also provide information back the designer, including the choices made, information for sizes, etc.

The macro file is started from a customized shortcut, which is located in the command ribbon in SolidWorks, which has a pointer to the macro's main function.

After the start of the macro file, on the first step is the choice for industrial robot manufacturer. After that the designer has to choose a robot model from the previously chosen manufacturer, for which the new gripper will be created. In the bottom part of the dialog window the maximum load, which can be manipulated by each model is displayed, when it is selected - Fig.1.

For every industrial robot manufacturer, it is necessary for a 3D model of the connecting surfaces to be created beforehand, while also every robot model must be represented by a separate configuration in SolidWorks. When a choice for a model is made, in SolidWorks, the configuration, assigned to the specific model, is activated.

On the next step the designed has to choose the type of end-effector, which will be created with the

Once the data is confirmed, connections are made between the already existing 3D models in the assembly file and the newly added ones. This is carried out in several stages, which are similar to the ones, where the 3D models of the attachment were fixed to the one of the chosen model industrial robot's connecting surfaces.

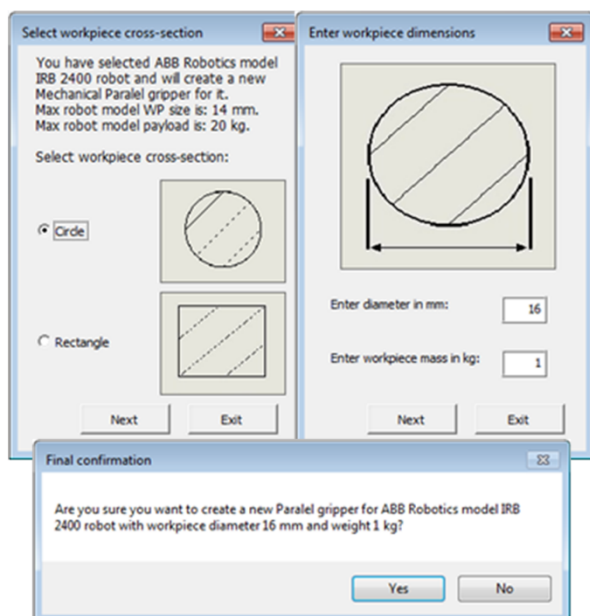


fig.4 Entering work piece parameters

Once all of the steps, creating the connections between the separate elements in the final assembly, are finished the macro file compares the values entered for work piece size to the chosen industrial robot model. This is carried out as to avoid covering of the mounting holes of the attachment plate to the robot.

In case the above issue is present, a warning window is shown, which warns the designer and suggests a recalculation of the 3D models in the assembly - Fig.5.

If the recalculation of the model is accepted, the macro file begins to open each of the part files of the final assembly one by one and to update their dimensions according to the maximum allowed work piece size for the selected robot model. Once all of the components are updated the final 3D model of the assembly is presented on the screen and the macro file stops its execution.

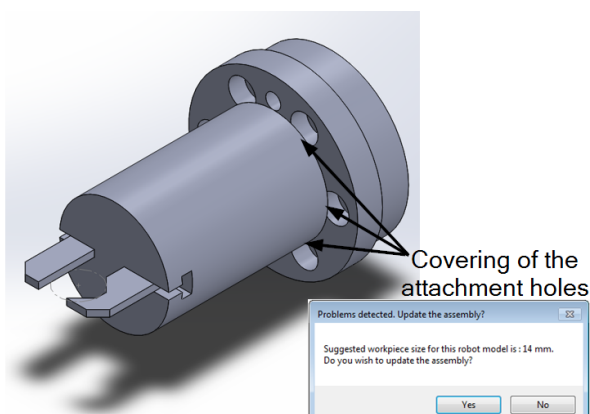


fig.5 Covering of the attachment holes

III. FINAL RESULTS

The result from the execution of the macro file is displayed on Fig.6. The generated assembly file has three main components:

- A model of the work end of the chosen industrial robot, including all of the required information for the shape and sizes of the connecting surfaces;
- Model of an attachment plate, providing the possibility for the attachment of the created gripper to the selected industrial robot;
- Base model of the created gripper.

The macro file executes automated checks of the sizes and positioning of all of the components and assures their connecting surfaces are aligned correctly, ensuring that assembly errors are minimal. The new gripper base model is created in accordance with the data entered by the designer for the shape and size of the work piece.

The designer can continue to work on the newly created gripper, by editing its internal volume (design a driving mechanism) or the suggested shape for its fingers, while making sure to take into account the surfaces, serving as connecting between the gripper and the industrial robot, while maintaining the correct dimensions and relations within the assembly.

IV. CONCLUSIONS

- A macro file has been created to automate the design process of mechanical grippers for industrial robots, which operates in the CAD system SolidWorks;

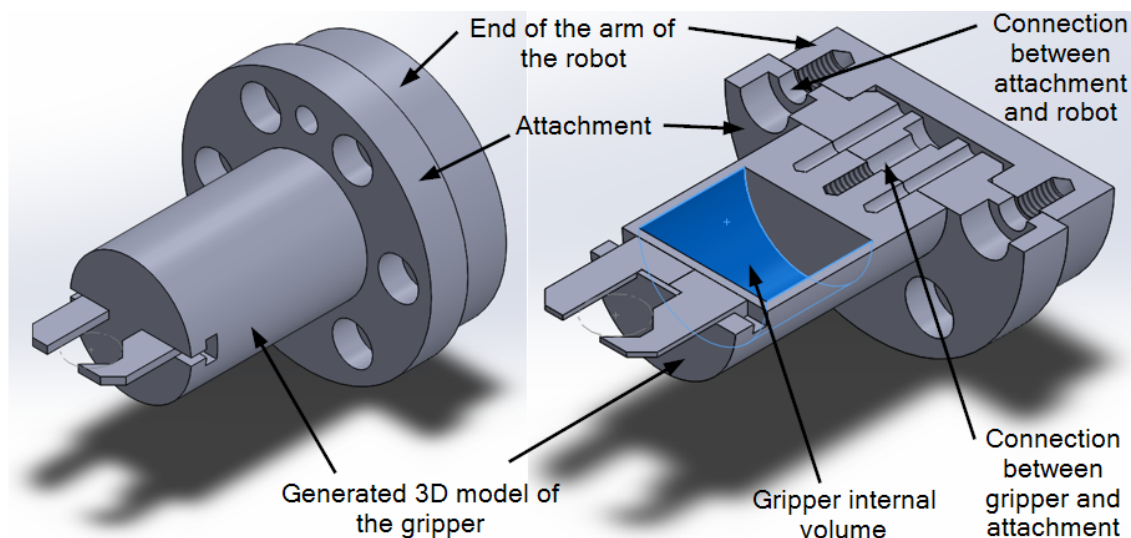


Fig.6 Final result from the execution of the macro

- The created macro file generates a base model of the designed gripper by collecting data from the user for the chosen industrial robot and work piece;
- The 3D model, generated by the macro file, provides the possibility of connecting to the chosen industrial robot and the continuation of the design process within certain boundaries;
- The created macro file can be used by all SolidWorks users, and the range of the supported industrial robot models can be increased by the addition of 3D models for their respective models.

References:

- [1]. Г. Козлев, Автоматизиране създаването на 3D модели на крайни изпълнителни звена за индустриални роботи в средата на SolidWorks, Научни известия на HTC по Машиностроене, година XXIV, бр. 14(200), ISSN-1310-3946, (193-199), 2016
- [2]. S. Nikolov, G. Kozlev, An approach for design automation of end-effector connecting surfaces for industrial robots, CAx Technologies, issue 3, Dec 2015 ISSN1314-9628, (32-36), 2015
- [3]. Mike Spens, Automating SolidWorks 2011 using macros, ISBN 978-1-58503-620-3, Schroff Development Corp., 2010
- [4]. SolidWorks API Help, Dassault Systemes, 2016

МАКРОС ЗА АВТОМАТИЗИРАНЕ ДИЗАЙНА НА МЕХАНИЧНИ ХВАЩАЧИ ЗА ИНДУСТРИАЛНИ РОБОТИ В СРЕДАТА НА CAD СИСТЕМАТА SOLIDWORKS

Георги КОЗЛЕВ

катедра “Автоматизация на дискретното производство“, Технически университет - София, България
e-mail: gkozlev@mail.bg

Резюме: В тази статия са представени основните стъпки от макрос, който автоматизира създаването на базов 3D модел на механичен хващач за индустриални роботи, в средата на CAD системата SolidWorks. Макросът работи в диалогов режим, при който конструкторът следва определени стъпки и въвежда необходимата информация. Като резултат в SolidWorks се създава 3D модел на новият механичен хващач. Този 3D модел, може да бъде допълнително модифициран според специфични конструкторски изисквания.

Ключови думи: CAD, 3D модел, макрос, SolidWorks, хващач, промишлен робот

ОБЗОР ВЪРХУ ВИСОКОМОМЕНТНИ ЗАДВИЖВАНИЯ В МАНИПУЛАТОРИТЕ И РОБОТИТЕ

Лукан ЧЕРВЕНКОВ

катедра „Теория на механизмите и машините”, Технически университет - София, България

e-mail: lukan.chervenkov@gmail.com

Резюме: Несъмнено манипулаторите и роботите придобиват все по-голяма популярност и значимост във все повече индустрии. Тази експанзия се дължи най-вече на следните им предимства - надежност, безотказност, компактност, добра крайна цена и отлични динамични показатели. Последните в най-голяма степен определят всички останали поради това, че задвижването в роботизирани системи е най-важният подвъзел. Съвременните изисквания към показателите на роботите (респективно задвижващия възел) са висок въртящ момент, бързодействие, минимални или нулеви хлабини, голяма ъглова коравина, отличен коефициент на полезно действие, малки габарити и маса, липса на замърсяване на средата по време на работа, себестойност в разумни граници, лесна поддръжка. В този материал е направен обзор на съществуващите решения на пазара, които използват електрическа енергия (хидравличните и пневматичните задвижвания са със специфично приложение) и накрая присъства съпоставка с проектирана нова конструкция.

Ключови думи: манипулатори, роботи, високомоментно задвижване, сервомотори

1. УВОД

Съвременните индустриални сектори се развиват в посока увеличаване производителността при запазване на качеството, но и при намаляване на разходите. Основен инструмент за осъществяване на този напредък са манипулаторите и роботите, които са се превърнали в незаменими в някои отрасли. Най-характерните черти на последното поколение роботизирани машини от фигура 1 са надежност, безотказност, точност на позициониране, компактност, добра крайна цена и отлични динамични параметри. Трудно е винаги да бъдат сравнявани по важност подвъзели на дадена машинна конструкция, но при роботите еднозначно може да се заключи, че задвижването определя в най-голяма степен техните показатели. Изискванията за покриване са висок въртящ момент при дадена скорост, бързодействие, минимални или нулеви хлабини (респективно максимална точност на позициониране), голяма ъглова коравина, отличен коефициент на полезно действие, малки габарити и маса, липса на замърсяване в определени граници по време на работа, разумна себестойност и лесна поддръжка [1]. Доброто познаване на съвременните високомоментни

задвижвания е ключов момент при изучаване, проектиране и работа с манипулатори и роботи.



фиг.1 Съвременен робот

2. ПРЕГЛЕД НА ЗАДВИЖВАНИЯ НА РОБОТИ

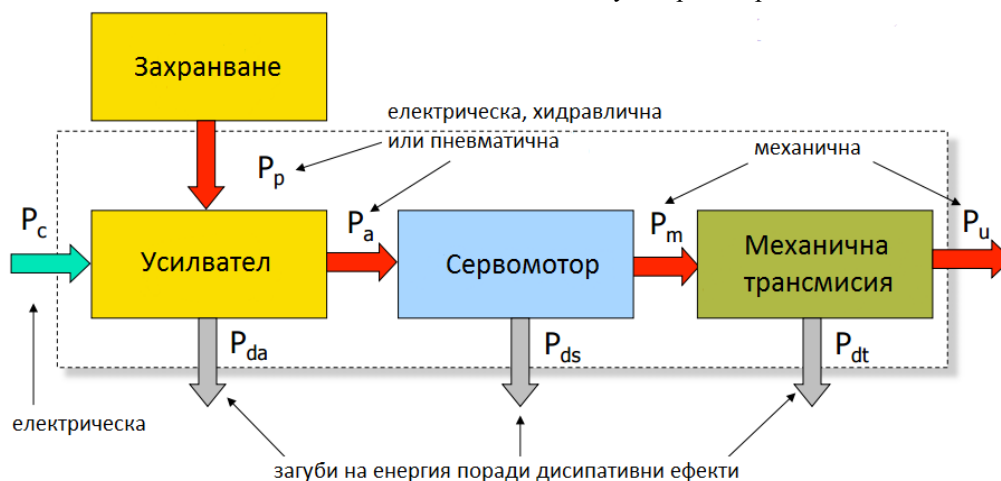
Най-общо задвижванията в роботите могат да се класифицират според вида енергия, която преобразуват в механична. На фиг. 2 е показана примерна схема с участващите подвъзли [4]. Първото най-съществено разделение идва от избора на вида енергия, която ще бъде консумирана от съответният двигател. Блока „Захранване“ трябва да може да доставя този вид енергиен поток. Следващият блок подготвя, чрез консумацията на електричество, енергията в необходимата големина за работните режими на сервомотора [2, 3]. Последния подвъзел наречен „Механична трансмисия“ не е винаги задължителен. В някои редки случаи въртящият момент при конкретна скорост генериран от двигателя може да е напълно достатъчен за нуждите. Печели се по-малка маса и габарит, относително по-високо КПД и по-малки хлабини.

В другите случаи се използват най-вече епициклоидни планетни или вълнови предавки. Предавателните числа варират в диапазона $i = 30-100$. Търси се баланс между коефициента на полезно действие на трансмисията, въртящия момент на изхода и големината на хлабините. В някои случаи се добавя обратна връзка след изхода на предавката за да се отчитат грешките от липсата на ъглова стабилност и сумирането на хлабините между контактните подвижни повърхнини.

Хидравличните и пневматичните задвижвания са вече с по-ограничено и специално приложение. Първите се използват главно в циклови управления с товароносимост над 20-30 kg със своите предимства като плавност и прецизно регулиране на движенията, стабилност при променливо натоварване. Недостатъците са забавяне в предаването на хидравличните импулси, сложността на конструкцията и възможността от замърсяване на работната зона. Пневматичните задвижвания имат подобно приложение, но с товароносимост под 20-30 kg. Предимствата са високата скорост на изпълнителното звено, простата конструкция и надеждността, но от друга страна са на лице неплавност на движение, трудно позициониране с точност при висока скорост и замърсяване на работната зона с работния флуид. Поради горните причини ще бъдат разгледани електро задвижванията, които имат и най-голяма популярност в съвременните системи [1].

3. КЛАСИФИКАЦИЯ НА ВИСОКОМОМЕНТНИ ЗАДВИЖВАНИЯ

Основният компонент на високомоментните електро задвижвания е вида електромотор. От неговият избор зависят вида захранващ блок, наличието или не на редуцираща предавка и обратна връзка. Поради тези причини е направената следната класификация според двата основни вида електромотори, които се използват в манипулаторите и роботите.



фиг.2 Схема на задвижване на робот

1.1 Серво електромотори

Сервомоторите са сравнително сложни устройства, които имат прецизен контрол върху позицията на движение, скоростта и ускорението. Това се дължи на наличието на т.н. затворена обратна връзка (closed-loop control system), която се осъществява чрез енкодер за положението на изходното звено. Биват постояннотокови и променливотокови (съответно синхронни и асинхронни). Най-разпространени са синхронните DC/постояннотокови във вариант с или без четки. На фигура 3 е даден пример с такъв сервомотор Kollmorgen монтиран на робот на една от най-известните фирми Kuka [5].



фиг.3 Kuka робот със серво мотор

- плюсове – отлично управление, възможност за натоварване без опасност от грешки, липса на консумация на енергия при статично положение;
- минуси – висока сложност и цена.

1.2 Стъпкови електромотори

Стъпковите електромотори са разновидност на DC сервомоторите без четки (на фиг. 4 е показан пример на такъв електродвигател), но движението на ротора се осъществява на малки дискретни стъпки. Поради наличието на въпросните стъпки в общия случай не е нужно добавянето на обратна връзка, поради възможността да се „броят“ преместванията и да се знае във всеки момент положението на ротора. Това свойство е изключително полезно за точността на роботите. Проблем се появява при върхови натоварвания, където може да бъде пропусната стъпка заради товара. Недостатъка

може да бъде избегнат като се работи в оптималните режими или се добави обратна връзка в системата.

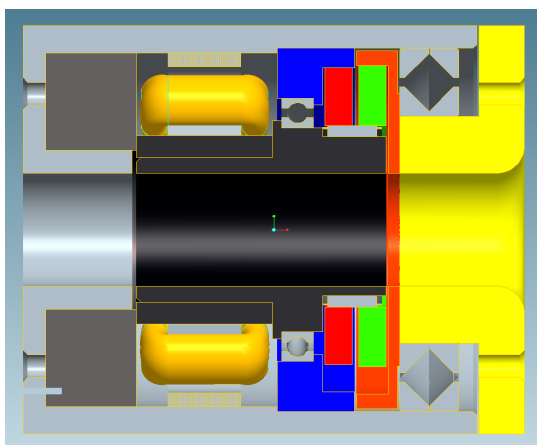
- плюсове – опростена конструкция, улеснено управление, голямо ускорение поради използването на максималния момент от малките стъпки;
- минуси – ниско КПД, задължителна работа в оптималните режими, бавно стартиране заради нуждата от рестартиране в крайните положения [6,7].



фиг.4 Стъпков електромотор

1.3 Проектирано оригинално задвижване

От направеният обзор на високомоментните задвижвания, е конструирано оригиналното интегрирано ставно задвижване на фигура 5. Избран е DC без четки/BLDC електромотор тип „Pancake“ на фирмата Kollmorgen. Формата на електромотора наподобява „палачинка“, откъдето идва и английското наименование, поради големия диаметър на корпуса и малката му дебелина. Това го прави подходящ за интегрираните ставни задвижвания, където местото е силно ограничено и специфично поради необходимостта от кух вал. Въпросният електромотор има отлични динамични показатели, като за постигане на висок въртящ момент е конструирана епициклична предавка с еквилистен на скъсена епициклоида профил на зъбите с предавателно число $i = 48$. Използваната комбинация довежда до добро КПД, минимални или нулеви хлабини, отлична ъглова стабилност, а в комбинацията с обратна връзка и необходимата точност на позициониране.



фиг.5 Проектирано оригинално задвижване

4.3 АЗКЛЮЧЕНИЕ

Направеният обзор на високомоментните задвижвания в манипулаторите и работите дава отговор за конструкцията на съвременните задвижващи подвъзли. Разгледани са основните решения, като са споменати и хидро и електро задвижванията. Класифицирани и съпоставени са двата основни типа електромотора, които се използват активно в роботиката. За затвърждаване на получените резултати е разгледана иновативна оригинална конструкция

на интегрирано ставно задвижване, която покрива всички съвременни изисквания за този тип сглобена единица.

Благодарности

Настоящите изследвания са финансирани по Научноизследователски проект в помощ на докторанти (сесия 2016 г.) на тема „Развитие на интелигентно модулно задвижване с висока ъглова стабилност“, Договор № 162ПД0026-05 между МТФ и НИС при ТУ-София.

Литература

1. Индуриални роботи. Инженеринг ревю, 2012, брой 6, 70-80 с.
2. Bobrow J., Desai J. A high torque to weight ratio robot actuator. Cambridge University Press, 1995, Vol. 13, issue 2, pp. 201-208
3. Hollerbach J., Hunter I., Ballantyne J. A comparative analysis of actuator technologies for robotics, 1992
4. www.diag.uniroma1.it/~deluca/rob1_en/03_CompsActuators.pdf Посетен на 07.02.2017г.
5. www.kollmorgen.com/hi-in/service-and-support/knowledge-center/success-stories/even-higher-power-density/. Посетен на 06.02.2017г.
6. www.robotics.stackexchange.com/questions/284/which-type-of-actuator-will-be-suitable-for-a-very-strong-robot-arm. Посетен на 06.02.2017г.
7. www.robots.com/education/actuators. Посетен на 08.02.2017г.

OVERVIEW ON HIGH TORQUE ACTUATORS IN THE MANIPULATORS AND ROBOTS

Lukan CHERVENKOV

Theory of mechanisms and machines department, Technical University-Sofia, Bulgaria

e-mail: lukan.chervenkov@gmail.com

Abstract: Undoubtedly manipulators and robots are becoming more popular and important in more and more industries. This expansion is mainly due to the following advantages - reliability, fault tolerance, compactness, good final price and excellent dynamic performance. The last advantage to the fullest extent determine all others because actuator of the robots is the most important subassembly. The modern requirements of the robots (respectively the drive unit) are high torque, speed, minimum or zero backlash, a large angular stiffness, excellent coefficient of efficiency, small size and weight, lack of contamination of the environment during operation, reasonable cost and easy maintenance. This paper gives an overview of existing solutions on the market that use electricity (the hydraulic and pneumatic actuators are for a specific application) and of the end there is a comparison with original construction.

Keywords: manipulators, robots, high torque actuator, servomotor

АВТОМАТИЗИРАНО ПРОЕКТИРАНЕ НА ПРЕДЛОЖЕНИЕ ЗА НОВА КОНСТРУКЦИЯ НА ЕЗИЧКОВА ИГЛА ЗА ПЛОСКОПЛЕТАЧЕН АВТОМАТ

Росица МАНОЛОВА

катедра „Основи и технически средства за конструиране”, Технически университет - София, България

e-mail: rositza_manolova@tu-sofia.bg

Резюме: В публикацията е представено предложение за нова конструкция на езичкова игла предназначена за съвременни плоскоплетачни автомати. Предложената конструкция е създадена с три вида задвижващи пети за работа с точно определен вид изплитащи системи. Новата конструкция цели възможно най-голямо опростяване и премахване на всички допълнителни елементи, които могат да доведат до увеличена амортизация на машината и респективно до по-високи разходи за поддръжката ѝ. Конструкцията е разработена в среда на Solidworks, което дава отлични възможности, както за динамична визуализация, така и за последващи изследвания на натоварването между иглите и изплитащите системи в процеса на работа.

Ключови думи: плоскоплетачни, 3D, Solidworks, езичкови, игли

1. ВЪВЕДЕНИЕ

В съвременното производство на трикотажна техника основните тенденции, които се развиват са увеличаване на мострените възможности на машините, намаляване на времето за изплитане на детайлите и възможности за бързо преминаване от един модел на друг. Това неразривно води след себе си до усложняване на основните конструкции, чрез добавяне на допълнителни елементи. [1,2]

Допълнителните елементи сами по себе си са подложени на постоянни натоварвания, което води до по-високата им амортизация и респективно до по-големи разходи за поддръжка на машините. Примери за подобни елементи може да се дадат с т.нар. „селекторни и стопиращи платини” използвани при задвижването на иглите на машините CSM на фирма “Stoll” [1]. Практически е доказано, че елементите разположени върху игленото легло подлежат на много по-голяма амортизация отколкото тези намиращи се в изплитащите системи, което води до предложението за опростяване и премахване на част от спомагателните елементи.

Възелът иглено легло, игли и изплитащи системи са неразривно свързани и в пряка зависимост, поради тази причина, предложената конструкция за езичкови игли е разработена именно за игленото легло представено в предходната публикация, като с нейна помощ ще

участват само плетачни игли без никакви допълнителни спомагателни елементи, като това разбира се е за сметка на усложняване на конструкцията на изплитащите системи.

2. ИЗПЪЛНЕНИЕ

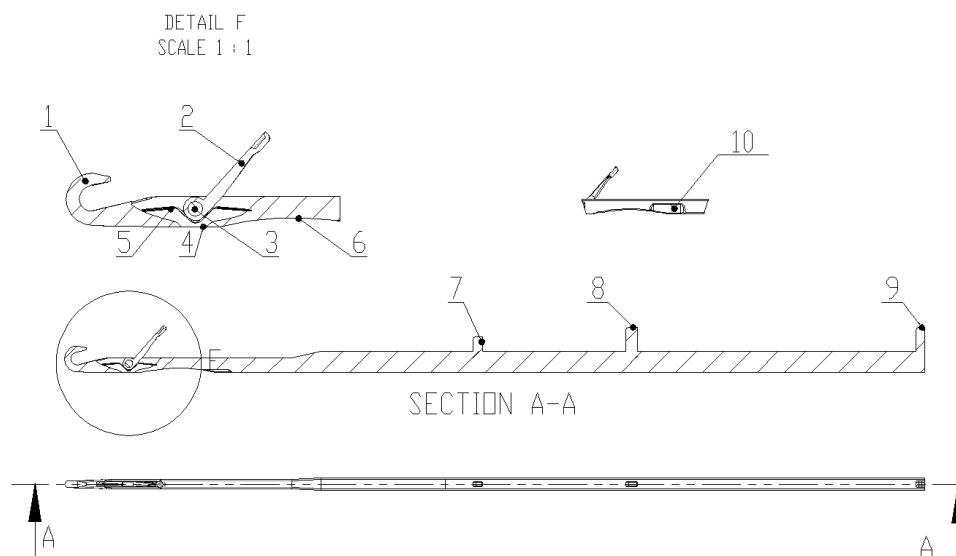
2.1 Спомагателни източници за изграждане на конструкцията.

Една от най-големите фирми производителки на различни видове плетачни игли в световен мащаб е Groz-Beckert. Голяма част от производителките на плоскоплетачни машини използват игли произведени от тях. Groz-Beckert ежегодно разработват нови технологии за подобряване на конструкциите на плетачните игли в това число и на езичковите. Поради тази причина за изграждане на основната част на конструкцията на иглата е използвана конструкция на Groz-Beckert. [3,4]

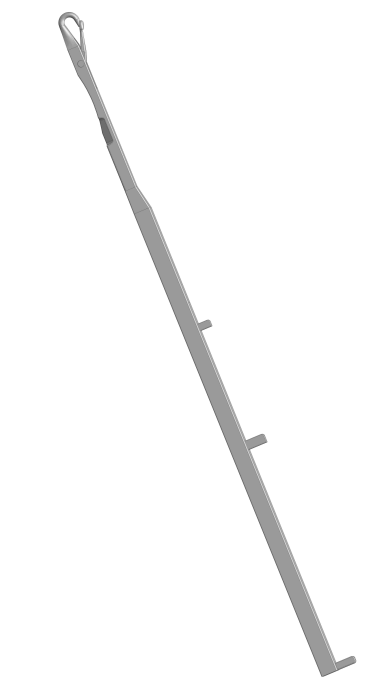
Към тази конструкция са направени изменения във формата и закрепването на езичето и формата и разположението на петите на иглата, която прави конструкцията уникална.

2.2 Предложение за нова конструкция на езичкова игла.

Както вече бе споменато в настоящата публикация се търси ново решение, при което с опростена конструкция за селектиране, да се запазят мострените възможности на машината.



фиг.1 Детайлно изображение на конструкцията на проектираната езичковата игла.



фиг. 2 Аксонометрично тримерно изображение на конструираната игла.

Както вече бе споменато проектираната конструкция е разработена за точно определен тип иглено легло и точно определени изплитащи системи. Поради тази причина въпреки, че е използвана основната конструкция на езиковите игли на Groz-Beckert тя е съвместима само и единствено с конкретно споменатият плетачен възел от иглено легло и изплитащи системи, което практически я отличава от съществуващите до момента на пазара.

На фиг.1 е представен главната проекция в разрез на сглобената езикова игла, като отделните участъци и елементи от иглата са номерирани с позиционни номера, а на фиг.2. аксонометрично тримерно изображение на конструираната игла. С първа позиция е представено куката на иглата, тя е един от най-важните участъци от основната конструкция на иглата, тъй като тя практически осигурява улавянето на нишката, превръщането ѝ в примка и в последствие в бримка след преминаването ѝ през старата примка. С позиционен номер 2 е означено езичето, което е с не по-малка важност от куката при процеса на изплитане, тук се намира и първата разлика между , конструкцията на Groz-Beckert и настоящата. Тя се състои в профила на капачето на езичето, и в долният

участък служещ за прикрепването му към основната конструкция на иглата. На фиг.3 е показано тримерно изображение езичето и разликата в сравнение с конструкцията на езичето на Groz-Beckert на фиг.4.

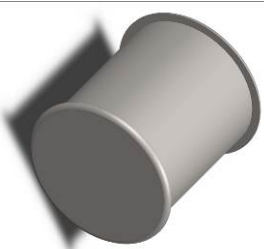


фиг. 3 Тримерно изображение на конструираното езиче.



фиг. 4 Игла Groz-Beckert. [3]

С позиция 3 на фиг.1 е означено съединението на основната конструкция с езичето посредством нит, като на фиг.5 може да се види неговото тримерно изображение.



фиг. 5 Закрепващ нит.

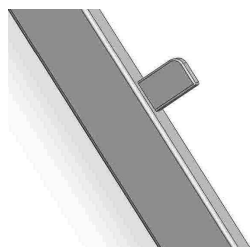
С позиция 5 е означена пружината разположена под езичето и изпълняваща изхвърляща функция, като тя предотвратява възможността от заклиняване на езичето във водещия канал и също така осъществява възможност за по-доброто му движение.

Конструкцията на пружината е подобна на тази представена от иглите на Groz-Beckert, с известни разлики в дълбочината и ширината ѝ. Това е така поради разликата в конструкцията на езичето. Конструкция на пружината е показана на фиг.6.



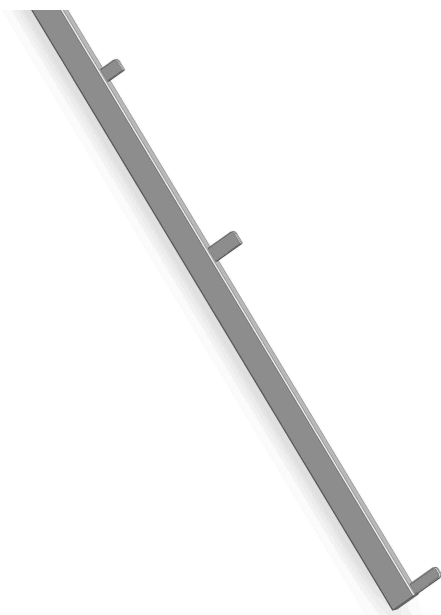
фиг. 6 Пружинка.

На позиция 4 отново от фиг.1 е обозначен почистващият канал, който дава възможност за нейното почистване, както на езичето така и на пружинката, чрез въздушна струя. Този канал в предложената конструкция е с леко намален в сравнение с използваният при конструкциите на иглите на Groz-Beckert. С 6-та позиция е маркиран самопочистващ се канал който дава възможност за изхвърляне на натрупал се мръх върху игленото легло. Друга основна разлика на предложената конструкция от съществуващите на пазара до момента е профилът на задвижващите пети. Както става ясно от фиг.1 всяка игла има 3 броя задвижващи пети с позиционни номера 7, 8 и 9, като първите две пети имат увеличено закръгление от страната сочеща към кукичката. Това е необходимо защото те взаимодействат със специфичен селектор с нова конструкция който действа чрез вертикален натиск върху петата, като по този начин скосената ѝ част взаимодейства с канала на селектора и бива изтласкана в посока обратна на скосяването на петата. Третата пета с позиционен номер 9 е скосена и от двете страни тъй като тя взаимодейства с два селектора и респективно в различни моменти от процеса на селектиране може да бъде насочена в двете противоположни посоки. Профилът на една от петите е показана на фиг. 7.



фиг. 7 Профил на петата.

Както стана ясно от представената на фиг. 1 игла, тя е конструирана с три пети, като две от тях са с по-голяма височина от третата. Ниската пета е предназначена за изплитане на бримка (фиг.1 поз.7), първата висока пета след нея за примка (фиг.1 поз.8) и третата за подбор на работещите игли в полето за плетене (фиг.1 поз.9). Разстоянието между трите вида пети е строго съобразено с изплитащите системи и игленото легло така, че да може да бъде осъществен закона за плетене независимо коя от двете пети работи дали тази която се движи по траекторията за изплитане на бримка, или тази движеща се по траекторията за изплитане на примка. На фиг.8 е представено тримерно изображение на профила и разположението на задвижващите пети на проектираната игла.



фиг. 8 Разположение на задвижващите пети.

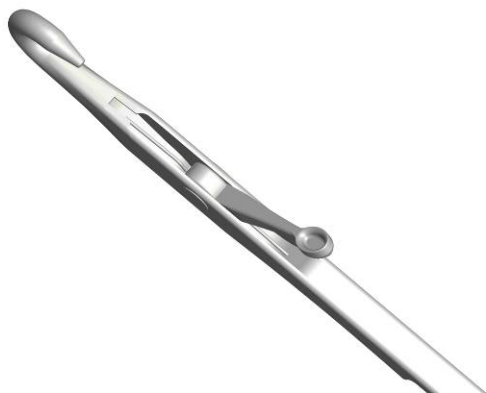
За проектиране на кукичката на иглата е използвана конструкцията на Groz-Beckert за конична кука. Това дава възможност за намаляване на натоварването от вътрешната страна на куката по време на процеса на изплитане. [1]

На фиг.9 е показано увеличено изображение на куката и езичето на иглата. От това изображение може да се види че в участъка на съединението на езичето и основната част на конструкцията чрез нита е значително по-малко издигната отколкото при конструкцията на Groz-Beckert, това е така поради измененията въведени в долната част на конструкцията на езичето чрез която то се прикрепя към тялото на иглата. На тази фигура също така детайлно се вижда и каналът предназначен за навлизане на насрещната игла по време на процеса на прехвърляне на бримки, който на фиг.1 е означен с позиция 10.



фиг. 9 Увеличено изображение на куката и езичето на иглата.

На фиг. 10 е представеното изображение на съединението на тялото на иглата, езичето и придържаната в долната ѝ част пружина. Дава възможност да се види взаимното разположение на отделните елементи при сглобената конструкция на иглата, както и по-добра представа за канала в който се намира изхвърлящата пружинка.



фиг. 10 Увеличено изображение на съединението на тялото на иглата, езичето и придържаната в долната ѝ част пружина.

Разработената конструкция е предназначена за машина с клас на финост 3 gauge (3 игли на 1 инч), но може да бъде приложена, за цялата гама класове на финост машини както за ниски 5 или 7-ми gauge, така и за високи дори и за класове като 14 и 16 gauge, което дава широки възможности за приложение на предложената конструкция.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложената конструкция в настоящата публикация е проектирана съобразно изискванията на съвременните за плоскостетачни автомати, като са въведени опростения в конструкцията и е премахната голяма част от спомагателните механизми, с цел намаляване на амортизацията и водещите с нея разходи за поддръжка на машините. Представената конструкция е разработена в среда на Solidworks позволяваща автоматизирано проектиране на конструкцията чрез изграждането на тримерен модел и генериране на двумерни чертежи за конструкторската документация.

Литература

- 1.H. STOLL GMBH & CO. KG. Stoll Service Center Basic Training CMS. Stollweg 1, D-72760 Reutlingen: GERMANY, 2004.
- 2.SHIMA SEIKI MFG. LTD. SES 122RT Product manual. Japan: Osaka , 2005.
- 3.www.groz-beckert.com/mm/media/en/web/pdf/Maximum_resilience_thanks_to_the_conical_hook.pdf. Посетен на 21.04.2017г.
- 4.www.groz-beckert.com/en/company/news/media-center/ Посетен на 21.04.2017г.

AUTOMATED DESIGN OF PROPOSAL FOR NEW CONSTRUCTION LATCH NEEDLE FOR FLAT KNITTING AUTOMATIC MACHIN

Rositza MANOLOVA

Fundamentals and technical means for design department, Technical University-Sofia, Bulgaria

e-mail: rositza_manolova@tu-sofia.bg

Abstract: The publication presents a proposal for a new latch needle designed for modern flat knitting automats. The proposed construction has been designed with three types of drivet butt for working with a specific type of cam systems. The new design aims at simplifying and removing all additional elements that can lead to increased machine depreciation and higher maintenance costs, respectively. The design has been developed in Solidworks environments, providing excellent performance for both dynamic visualization as well as subsequent studies of the load between the needles and the cam systems in the process of operation.

Keywords: flat, knitting, 3D, Solidworks, needle

АВТОМАТИЗИРАНО ПРОЕКТИРАНЕ НА ПРЕДЛОЖЕНИЕ ЗА НОВА КОНСТРУКЦИЯ НА ИГЛЕНО ЛЕГЛО ЗА ПЛОСКОПЛЕТАЧЕН АВТОМАТ

Росица МАНОЛОВА

катедра „Основи и технически средства за конструиране”, Технически университет - София, България

e-mail: rositza_manolova@tu-sofia.bg

Резюме: В публикацията е представено предложение за нова конструкция на иглено легло предназначено за съвременни плоскopleтачни автомати, проектирано с помощта на CAD системата Solidworks. Предложената конструкция е създадена за работа с точно определен вид плетачни игли с три вида задвижващи пети. Новата конструкция цели възможно най-голямо опростяване и премахване на всички допълнителни елементи, които могат да доведат до увеличаване на амортизацията на изделието. Конструкцията е разработена в среда на Solidworks, което дава отлични възможности както за динамична визуализация, така и за последващи изследвания на натоварването между игленото легло и иглите в процеса на работа.

Ключови думи: плоскopleтачни, 3D, Solidworks, иглено, легло, игли

1. ВЪВЕДЕНИЕ

В съвременният свят наред с развитието на техниката и технологиите във всички сфери, трикотажната техника не остава по-назад. Основните производителки на такава техника ежегодно излизат с нови конструкционни и технологични решения за оптимизация на технологичният процес включително и специализирани CAD/CAM системи даващи възможност за изработването на все по-сложни модели. В желанието си да постигнат по-високи моестрени възможности на машините и по-голяма мобилност в промяната на моделите, производителите на плоскopleтачна техника усложняват основните конструкции, чрез добавяне на допълнителни елементи. [1,2,3] Тези елементи водят със себе си колкото позитиви и толкова негативи. Подложени на постоянни ударни натоварвания тези допълнителни елементи са едни от които подлежат на висока амортизация и респективно водят до големи разходи за поддръжка на машините. Пример за подобни елементи може да се даде с т.нар. „прес жакове” използвани при производството на иглените легла на фирма “Stoll” [2], както и различни допълнителни елементи прилагани към системите за избор на игли като селекторни платини, стопиращи платини и т.н. Практиката показва, че елементите разположени върху игленото легло подлежат на много по-голяма амортизация отколкото тези намиращи се в

изплитащите системи, което води до предложението за опростяване и премахване на част от спомагателните елементи от игленото легло, за сметка на усложняване на конструкцията на изплитащите системи.

2. РЕАЛИЗАЦИЯ

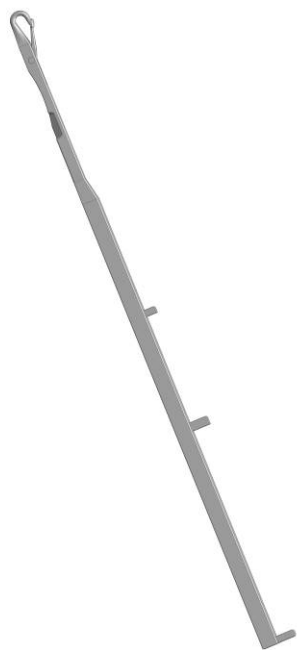
2.1 Автоматизирано проектиране

Както е известно автоматизираното проектиране с помощта на съвременните CAD системи дава възможност, не само за реалистична визуализация на изработените модели, но и за прогнозно изследване на техните натоварвания. Точно поради тази причина е избрано и конструкцията да се проектира в среда на Solidworks, което дава възможност в следствие да бъдат извършени изследвания на натоварването на отделните ѝ участъци.

2.2 Предложение за нова конструкция на иглено легло

От представеното във въведението става ясно, че с увеличаване сложността на конструкцията и броя на участващите елементи в нея, се увеличава респективно и степента на амортизация на тези елементи. Поради тази причина се търси ново решение при което с опростена конструкция, да се запазят моестрените възможности на машината. Проектираната конструкция, е създадена за работа със точно определен вид плетачни игли

снабдени с три вида издигащи пети. Това е обичайно при изграждането на плетачният възел иглено легло, игли и изплитащи системи, тъй като те са взаимно свързани и има пряка връзка между изграждането на техните конструкции. За по-голяма яснота на фиг.- 1 е представена конструкцията на иглите, с които ще взаимодейства игленото легло.



фиг. 1 Игла с три вида издигащи пети.

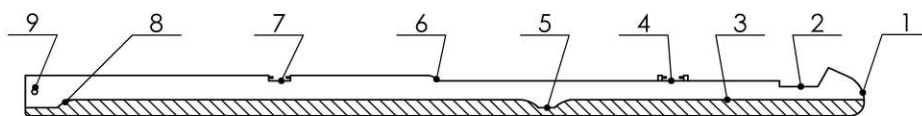
Както се вижда от представената на фигура игла, тя е конструирана с три пети, като две от тях са с по-голяма височина от третата. Ниската пета е предназначена за изплитане на бримка, първата висока пета след нея за фанг (примка) и третата за подбор на работещите игли в полето за плетене. Поради тази причина конструкцията на игленото легло показва образно на фиг.2 е изградена на две нива, първото предназначено за ниската пета и второ предназначено за двете високи пети. Предната част на игленото легло в областта на зоната на изплитане на бримката е предвидена с голямо закръгление, което предотвратява нараняването на нишката в процеса на бримкообразуване, което е изключително важно

особено при изработване на плетива с по-големи гъстини.

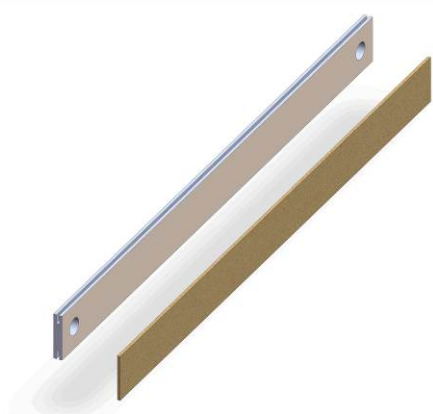


фиг. 2 Сегмент от иглено легло в 3D аксонометрично изображение.

На фиг.3 е представено детайлно изображение на профилната проекция на конструкцията на игленото легло, като всеки един от основните участъци е номериран. С позиционен номер 1 е означена споменатата вече зона, която придържа нишката в процеса на бримкообразуване. С позиционен номер 2 е означен първият канал в ребрата на игленото легло, чиято цел е подобряване на достъпа и възможност за наблюдение на иглите по време на процеса на плетене. С позиционен номер 3 е означен канал на игленото легло в което се опират гърбовете на иглите. Тук практически се осъществява и триенето в най-висока степен между иглата и игленото легло. С 4-та позиция е означен първият канал за първият притискателен нож и уплътнителя разположен под него, които практически осигуряват притискането и стабилизирането на иглата към игленото легло, на фиг.4 са представени тридименсионни изображения на притискателният нож и уплътнението намиращо се под него.

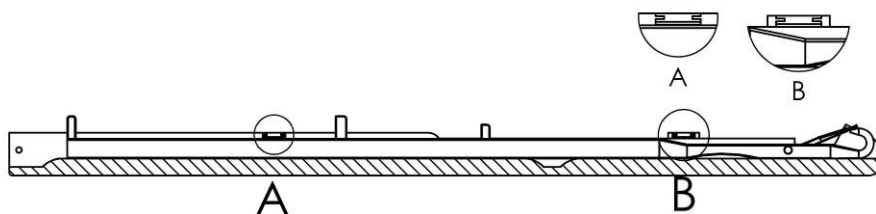


фиг.3 Детайлно изображение на профилната проекция в разрез на конструкцията на игленото легло.



фиг.4 Прикрепящ нож и уплътнител от текстил.

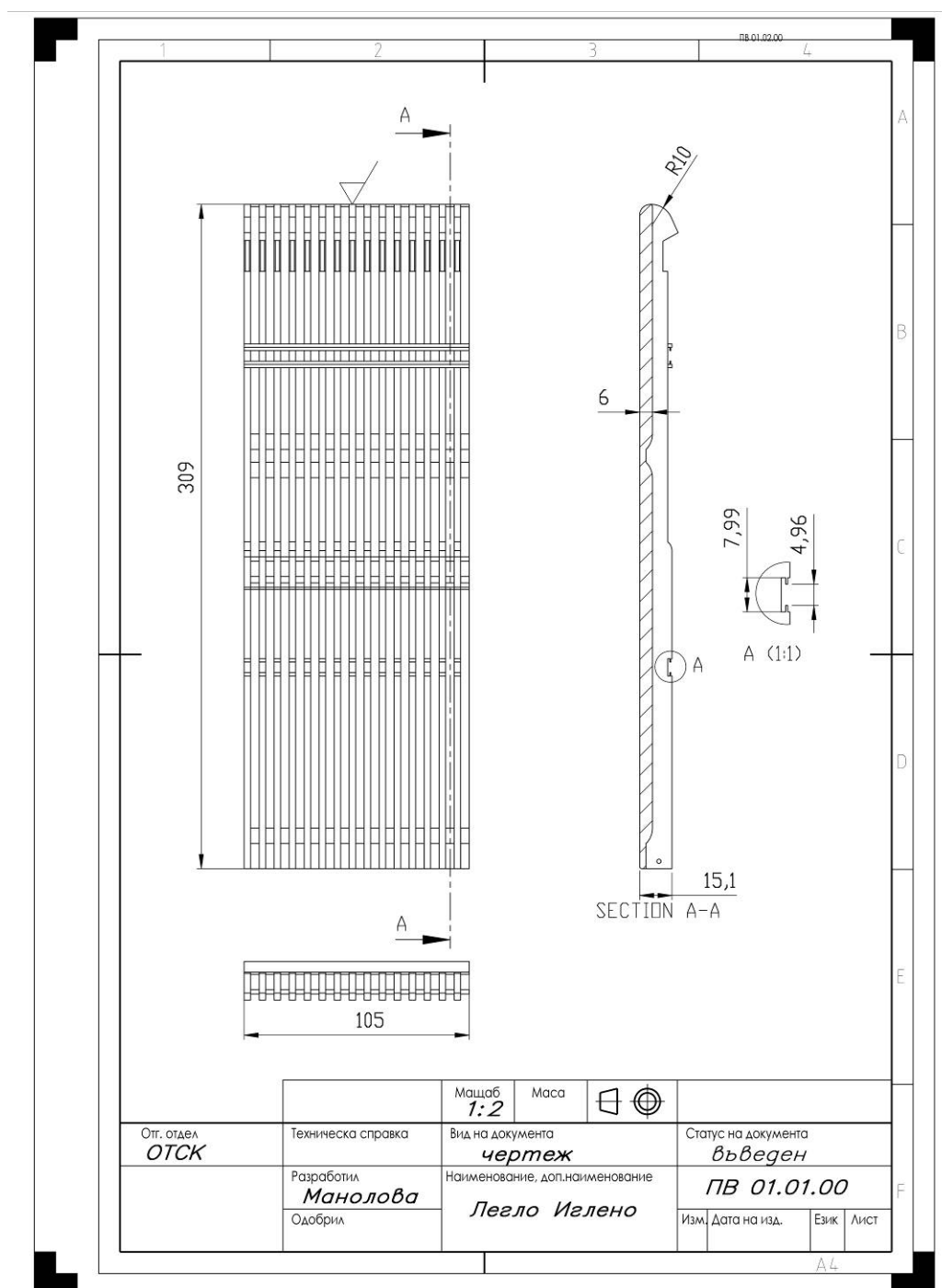
С позиция 6 е означена промяната във височината на профила 7 на ребрата на игления канал съобразени с работата на иглата, която има различна височина между първа и втора издигаща пета. На 7-ма позиция е разположен вторият канал предназначен за втори комплект притискащи ножове и уплътнители. С 8-ма позиция е означен скосяването в края на иглените канали, което позволява поставяне на допълнителен ограничител, който преминава през отвора 9 и придържа иглите в игления канал, като не позволяват на иглата да излезе извън игления канал.



фиг.5 Игло легло заредено с игли, прикрепени с притискащи ножове и уплътнители.

Тъй като иглените легла са разположени под ъгъл от 45 градуса в конструкцията са предвидени канали означени на фиг.3 с позиционен номер 5 които са предвидени за задържане на част от смазочните материали, което дава възможност след почистване и смазване на машината, част от маслото да се задържи в канала и в работния ход на иглата да отделя допълнително малки количества масло, игленото легло, които да спомагат плавно и придвижване в игления канал на леглото.

Разработената конструкция е предназначена за машина с клас на финост 3 gauge (3 игли на 1 инч), но може да бъде приложена, за цялата гама класове на финост машини дори и за високи класове като 12 и 14 gauge, което дава големи възможности за приложение на предложената конструкция. На фиг.5 е показано иглено легло заредено с игли, прикрепени с притискащи ножове и уплътнители. Изобразени са също така и увеличени на участъците в които са прикрепени ножовете и уплътнителите и е контакта им с изплитащите игли.



фиг.6 Автоматизирано генериране на двумерен чертеж в среда на Solidworks.

2.3. Предимства при проектиране в среда на Solidworks.

Автоматизираното проектиране на конструкции в среда на Solidworks, както е известно, дава възможност освен за по-добра визуализация, чрез моделиране на тримерни обекти, но и за автоматично генериране на двумерни чертежи от тримерния модел. Такъв генериран двумерен чертеж е представен на фиг.6. Както се вижда от изображението програмата дава възможност за автоматизирано въвеждане на размери, изграждане на размерни вериги, поставяне на символи за грапавост и всички необходими данни за създаването на даден чертеж или дори пълна конструкторска документация. Тримерното моделиране в среда на Solidworks на конструкцията дава възможност също така за изследване на прогнозни натоварвания в отделни части на моделирания детайл или в цялата конструкция. Програмата предлага и възможности за анимиране на движението на отделните елементи от конструкцията. Едно от най-големите предимства на програмата е че дава възможност за запазване и конвертиране на файла в различни формати което дава възможност за съвместяване с широка гама от програмни продукти, в това число и различни от CAD/CAM системи. Посредством Solidworks моделите могат да бъдат конвертирани във файловите формати VRML и 3D XML, които практически позволяват на запазения файл във виртуалния XML формат възможност за виртуално представяне на детайла

в интернет. Също така, чрез допълнителното приложение на Solidworks – e-drawings файлът може да бъде запазетен в HTML формат.

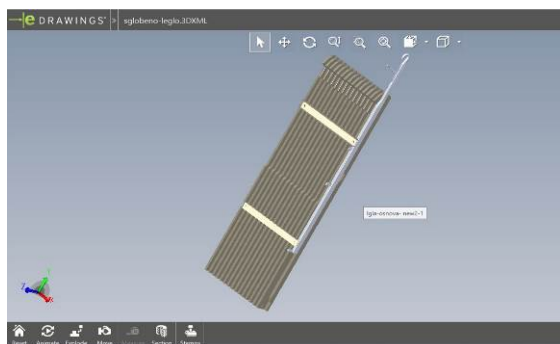
Приложението e-drawings дава възможност за изключително опростено представяне на конструкцията в сглобено или разглобено състояние, завъртане, анимирано завъртане на детайла на 360 градуса, което позволява да бъде детайлно разгледан и не на последно място дава възможност поставяне на секуща равнина и представянето на детайлът или сглобената единица в разрез. Всички тези предимства правят системата Solidworks изключително удобна и практична при проектиране, моделиране, симулиране и презентиране на нови конструкции.

3.ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложената конструкция в настоящата публикация е проектирана съобразно изискванията за съвременните за плоскостачни автомати, като са въведени опростения в конструкцията и са премахнати голяма част от спомагателните механизми целящо намаляване на амортизацията и водещите с нея разходи за поддръжка на машините. Представената конструкция е разработена в среда на Solidworks позволяваща автоматизирано проектиране на конструкцията което обхваща целият процес от изграждането на тримерен модел и симулирането му, през генериране на двумерни чертежи за конструкторската документация, до презентирането ѝ. Това дава възможност за затваряне на пълният кръг от идеен проект през конструиране и презентация. Точно поради тази причина е избран точно този софтуерен продукт.

Литература

1. Стоилов Т. Машини и процеси в трикотажното производство. София: издателство на Технически университет - София, 2008.
2. H. STOLL GMBH & CO. KG. Stoll Service Center Basic Training CMS. Stollweg 1, D-72760 Reutlingen: GERMANY, 2004.
3. SHIMA SEIKI MFG. LTD. SES 122RT Product manual. Japan: Osaka , 2005.



фиг.7 Приложение e-drawings.

AUTOMATED DESIGN OF PROPOSAL FOR NEW CONSTRUCTION NEEDLE BED FLAT KNITTING AUTOMATIC MACHIN

Rositza MANOLOVA

Fundamentals and technical means for design department, Technical University-Sofia, Bulgaria

e-mail: rositza_manolova@tu-sofia.bg

Abstract: The publication presents a proposal for a new needle bed construction designed for modern flat knitting automatic machines designed using the Solidworks CAD system. The proposed construction is designed to work with a precisely defined type of knitting needles with three types of drivet butt. The new design aims to simplify as much as possible and eliminate any additional elements that can lead to increased product damping. The design has been developed in a Solidworks environment, which provides excellent opportunities for both dynamic visualization and post-load study between the needle bed and needles in the workflow.

Keywords: flat, knitting, 3D, Solidworks, needle, bed, needles

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА МОДУЛА НА ТИЛЕ ВЪРХУ АМПЕРО- МЕТРИЧЕН БИОСЕНЗОР ПРИ ПИНГ-ПОНГ ЕНЗИМНА КИНЕТИКА

Николай СТОЯНОВ Антония ПАНДЕЛОВА Божидар ДЖУДЖЕВ

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

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

Резюме: В настоящата работа е проведен симулационен анализ на влиянието на модула на Тиле върху процесите в амперометричен биосензор за пинг-понг ензимна кинетика. Изследвани са едноензимен продукт- и косубстрат-чувствителен вариант за установен режим на измерване. Обикновените диференциални уравнения от втори ред за субстрата, косубстрата и продукта са решени с помощта на метода на крайните елементи в програмния пакет MATLAB. Получен е концентрационния профил на субстрата в ензимната мембрана, както и изходния ток от амперометричния биосензор за продукт- и косубстрат чувствителен вариант за различни стойности на модула Тиле. Анализирано е влиянието на модула на Тиле върху метрологичните характеристики на биосензора.

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

1. УВОД

Биосензорите са устройства предназначени за количествен анализ на различни видове вещества. Силното им развитие през последните няколко десетилетия се дължи на редица техни предимства, като ниска цена, висока селективност и голямо бързодействие на анализите [1]. В много случаи биосензорите притежават сравними метрологични характеристики по отношение на точност, чувствителност и граница на откриваемост с конвенционалните аналитични техники.

В конструкцията си биосензорите обединяват материал с биологичен произход в комбинация с физикохимичен преобразувател. Успехът на тези устройства се дължи на свойствата, които предлагат биологичните материали, използвани в качеството на разпознавателен елемент [2]. Високата специфичност на взаимодействия от вида ензим-субстрат, антиген-антитяло или рецептор-хормон е в основата на високоселективното определяне на различни вещества.

Съществен въпрос, свързан с надеждната реализация на биосензорите в практиката е коректното теоретично описание на процесите, протичащи в зоните с биологични материали [3]. Създаването на адекватни математически модели на биосензорите в динамичен и установен режим на измерване позволява точно прогнозиране на аналитичните и метрологичните им характерис-

тики, както и бързо и лесно конструиране на биосензорните преобразуватели.

Изключително сложната организация на биологичните клетки, по отношение на структура и механизми поражда сериозни проблеми, свързани с точното описание на процесите в биоматериала. Най-разпространеният вид биосензори използват ензими, като разпознавателни елементи. Математическото моделиране на този вид биосензори зависи основно от възприетата ензимна кинетика [4,5].

Поведението на биосензора в общия случай се описва с частни нелинейни диференциални уравнения от втори ред за динамичен режим на измерване. В установен режим уравненията се заменят с обикновени нелинейни диференциални уравнения от втори ред. Когато измерваният субстрат е в малки количества в сила е ензимна кинетика от първи ред. В областта на малките концентрации се получават точни аналитични решения на диференциалните уравнения. Решенията имат линеен вид и не позволяват да се анализират измервателните обхвати и зоните на насищане на ензимните реакции. За по-високи концентрации на субстрат се използва кинетика на Михаелис-Ментен. При нея липсват аналитични решения, поради което се използват числени методи за интегриране [6,7].

Когато ензимната реакция е лимитирана и по отношение на косубстрат е необходимо да се възприеме пинг-понг ензимна кинетика [4]. Това

е най-сложния случай, при който модела значително се усложнява, а решението е възможно отново само с методите за числено интегриране.

Целта на настоящата работа е да се извърши теоретичен анализ на влиянието на модула на Тиле върху амперометричен биосензор за пинг-понг ензимна кинетика. С помощта на методите за числено интегриране да се реализира симулационен модел за продукт- и косубстрат-чувствителен вариант.

2. ОСНОВНИ ПАРАМЕТРИ В МАТЕМАТИЧЕСКИЯ МОДЕЛ ЗА ПИНГ-ПОНГ ЕНЗИМНА КИНЕТИКА

Амперометричният биосензор се състои от ензимен слой, диализна мембрана и амперометричен електрод [8]. Измерваното вещество S (субстрат) дифундира през диализната мембрана и навлиза в ензимния слой. В него освен процес на дифузия протича и ензимно-катализирана реакция [4], с участието на косубстрат C, вследствие на което се формира продукта P.

Системата от нелинейни диференциални уравнения от втори ред в безразмерни координати за субстрата, косубстрата и продукта от ензимната реакция са представени в [4]. В нея израз за скоростта на ензимната реакция съгласно възприетата двусубстратна пинг-понг ензимна кинетика има следния вид:

$$V(S, C) = \frac{(I^2 / D_S) \cdot (V_m / K_M)}{1 + I / S + 1 / C} = \frac{\Phi^2}{1 + I / S + 1 / C}$$

Тук означенията са следните: I - дебелина на активната мембрана; D_S - дифузионен коефициент за субстрата; V_m - максимална скорост на ензимната реакция; K_M - константа на Михаелис за субстрат; Φ^2 - модул на Тиле.

Изходният ток за продукт- и косубстрат-чувствителен вариант на амперометричния биосензор, който обикновено се дава в размерни координати има следния вид [4]:

$$I_P = n \cdot F \cdot A \cdot D_P \left. \frac{d[P]}{d\delta} \right|_{\delta=0}, \quad I_C = n \cdot F \cdot A \cdot D_C \left. \frac{d[C]}{d\delta} \right|_{\delta=0}$$

Означенията в уравненията са следните: n - брой на електроните, участващи в електрохи-

мичната реакция; F - константата на Фарадей; A - площта на катода; δ - размерна координата.

Процесите протичат при следните гранични условия за $x=I$ на границата изследван разтвор-активна мембрана и $x=0$ на границата ензимен слой-електродна повърхност:

- Продукт-чувствителен вариант:

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

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

- Косубстрат-чувствителен вариант:

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

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

Основните параметри в математическия модел за двата варианта биосензори представляват дебелината на биоактивната мембрана I, дифузия и коефициент D_S и максималната скорост на ензимната реакция V_m , формиращи комплексния параметър - модул на Тиле Φ^2 .

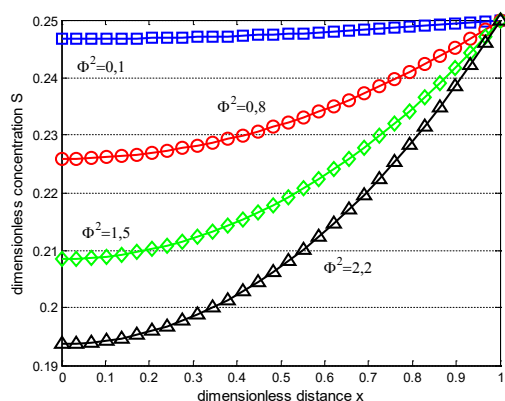
3. СИМУЛАЦИОНЕН АНАЛИЗ

Симулационните изследвания са проведени в програмната среда MATLAB 7.1. Диференциалните уравнения от втори ред, описващи концентрационните профили на субстрат, косубстрат и продукт са решени с помощта на метода на крайните елементи [9]. Използвана е функцията за числено интегриране BVP4C, с която е решена двуточковата гранична задача за двата края на активната мембрана, съдържаща биологичен материал [10]. След дискретизация на уравненията и въвеждане на подходящи субституции са създадени два симулационни модела, съответно за продукт- и косубстрат-чувствителен амперометричен биосензор. Разработените модели се използват за анализ на процесите в установен режим на измерване.

За провеждане на симулационните изследвания са използвани следните стойности на постоянните коефициенти и параметри на математическите модели: $D_S = D_P = 7 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ - дифузионни коефициенти на субстрата и продукта в активната мембрана; $D_C = 5 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ - дифузионен коефициент за косубстрата; $K_M = 2 \cdot 10^{-4} \text{ M/m}^3$ - константа на Михаелис за субстрата; $K_C = 5 \cdot 10^{-4}$

M/m^3 - константа на Михаелис за косубстрата; $V_m = 6 \cdot 10^{-5}$ M/s максимална скорост на ензимната реакция; $l = 50 \mu m$ - дебелина на ензимната мембрана; $n = 2$; $F = 96485$ C/mol - константа на Фарадей; $A = 7,85 \cdot 10^{-7} m^2$ - площ на катода на амперометричния електрод.

Симуляционното изследване е реализирано, чрез крайна промяна на стойностите на модула на Тиле, без да са конкретизирани отделните значения на параметрите, от които той зависи. Поради комплексността на този параметър, неговите стойности биха могли да се получат чрез различни комбинации от четирите параметъра – дебелина на биоактивната мембрана, дифузионен коефициент на субстрата, максимална скорост на ензимната реакция и константа на Михаелис. Влиянието на модула на Тиле върху концентрационния профил на субстрата за продукт-чувствителен вариант е показано на фиг. 1. Профилът за косубстрат-чувствителния вариант е аналогичен.



фиг.1. Концентрационен профил на субстрат в активната мембрана в зависимост от модула на Тиле

Избрани за характерни стойности на модула, съответстващи на кинетичен режим на работа - $\Phi = 0,1$, смесен режим – $\Phi^2 = 0,8$ и $1,5$ и дифузионен режим - $\Phi^2 = 2,2$. Съвсем ясно се вижда определящото влияние на стойностите на този параметър върху разпределението на анализираното вещество. Най-ниската стойност на модула $\Phi^2 = 0,1$ обикновено се изпълнява при много тънки мембрани. В този случай много малка част от субстрата влиза в реакция с косубстрата, при което почти цялото анализирано вещество достига до

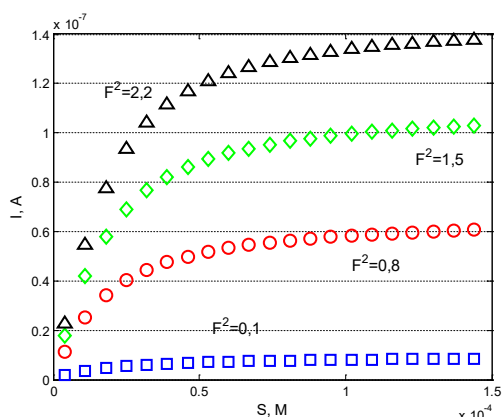
повърхността на амперометричния електрод. Това предизвиква в общия случай силно влошаване на метрологичните характеристики на биосензора, като неговата чувствителност е близка до нула. За следващите стойности $\Phi^2 = 0,8$ и $1,5$ се вижда значително повишение на консумацията на субстрат по протежение на биоактивната мембрана. Тук е налице частично ориентиране към дифузионен режим на работа на биосензора. Тези стойности на модула могат да се реализизират по няколко начина, чрез промяна на параметрите, участващи в уравнението на модула на Тиле. Това са: увеличение на дебелината на биоактивната мембрана l , намаляване на дифузионните ограничения на мембраната т.е. намаляване на дифузионния коефициент D_S и увеличение на максималната скорост на ензимната реакция V_m . Нарастването на модула Φ^2 предизвиква увеличение на чувствителността на биосензора.

Последната стойност на $\Phi^2 = 2,2$, съответства на дифузионен контрол, за който се наблюдава най-силно изчерпване на субстрат в зоната на активната мембрана. Този режим се характеризира с най-висока чувствителност и минимална концентрация на субстрат на електродната повърхност. По-големи модули обикновено се постигат с увеличение на дебелината на ензимната мембрана. Практически биосензори могат да се реализират до стойности на $\Phi^2 = 25$, но в тези случаи мембраните са много дебели и силно наситени с косубстрат. За тях трудно може да приложи пинг-понг ензимна кинетика, т.е. лимитиране на реакцията по косубстрат.

Изходният ток за продукт-чувствителния вариант на амперометричен биосензор за концентрации на субстрат в диапазона $4 - 150 \mu M$ е предствен на фиг. 2.

Симуляционните криви са получени за същите стойности на модула на Тиле. Тук отново е задавана крайна промяна на Φ^2 без да са отчитани конкретни стойности на отделните параметри, участващи в уравнението.

От фигурата ясно се вижда определящото влияние на модула върху метрологичните характеристики на биосензора.



фиг. 2. Изходен ток от продукт-чувствителен биосензор за различни модули на Тиле

Функцията, получена за стойност на $\Phi^2=0,1$ съответства на най-долната крива от графиката. Тя се характеризира с най-бързо навлизане в зона на насищане на ензимната реакция. Кривата притежава твърде къса линейна зона и съответно най-ниска чувствителност, характерна за кинетичен режим на измерване.

Следващите две криви, съответстващи на $\Phi^2=0,8$ и $\Phi^2=1,5$ водят до рязко повишение на метрологичните характеристики. За тях се наблюдава разширение на линейната зона на функцията и повишение на чувствителността до стойности около $3,24 \mu\text{A}/\text{mM}$.

Функцията, определена за модул $\Phi^2=2,2$ се характеризира с най-добри характеристики. Чувствителността при нея достига до стойност $4,4 \mu\text{A}/\text{mM}$.

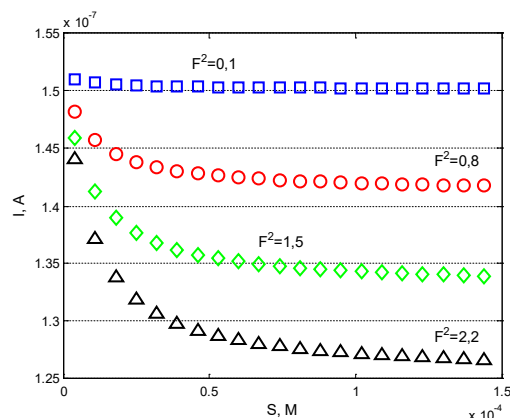
Симулационните криви за косубстрат-чувствителен вариант са представени на фиг. 3.

Функциите са намаляващи, вследствие на особеността на този биосензор, при който след първоначално насищане на мембраната с косубстрат, започва намаляване на неговата концентрация, вследствие на протичащата ензимна реакция.

Изследванията са проведени отново за същите стойности на модула. Характеристиките са аналогични на тези при продукт-чувствителен вариант.

Отново нарастването на стойностите на модула води до подобрене на характеристиките на амперометричния биосензор. Чувствителността за

този случай при $\Phi^2=2,2$ достига до стойност $0,9 \mu\text{A}/\text{mM}$.



фиг.3. Изходен ток от косубстрат-чувствителен биосензор за различни модули на Тиле

4. ИЗВОДИ

В настоящата работа е реализирано симулационно изследване на едноензимен амперометричен биосензор при пинг-понг ензимна кинетика. Анализирани са случаите на продукт- и косубстрат-чувствителен вариант в установен режим на измерване. С помощта на програмната среда MATLAB е синтезиран симулационен модел, който решава числено математическите модели, описващи процесите в биоактивната мембрана. Получени са резултати за влиянието на основния параметър, участващ в математическите модели на двата варианта биосензори – модула на Тиле.

Симулациите показват определящото влияние на модула върху метрологичните характеристики на амперометричния биосензор. Различните стойности задавани в симулационния модел предизвикват значителни промени в чувствителността и линейната зона на характеристиката вход-изход. В зависимост от възприетата грешка от нелинейност, се вижда, че линейния обхват на измерване и за двата варианта може да се повиши до няколко пъти, вследствие на подходящ подбор от стойности на модула.

Съществена особеност при този вид кинетика са по-малките стойности на Φ^2 , в сравнение с кинетиката на Михаелис-Ментен. Това е обус-

ловено от факта, че при по-големите модули на Тиле има и по-голямо насищане на мембраната с косубстрат, при което не може да се достигне до лимитиране на реакцията по отношение на неговата концентрация.

Литература

1. Van Dorst B., Menta J., Bekaert K., Rouah-Martin E., De Coen W., Dubruel P., Blust R., Robbens J., Recent advances in recognition elements of food and environmental biosensors, Biosensors and Bioelectronics, 2010, 26, 1178 - 1194
2. Нейков А. Биосензорна техника, Сб. доклади "Метрология и метрологично осигуряване '2003", 16-20 Септември, 2003, Созопол
3. Schulmeister T., Mathematical modeling of the dynamic behaviour of amperometric enzyme electrodes. Selective Electrode Rev., 1990, 12, p.p.203-260
4. Нейков А. Биосензорни системи и анализатори, ТУ-София, 1993
5. Neykov A., Rangelova V., Mathematical modeling of the biosensor systems, Biotechnology and Biotechnology Equipment, (12) 2, 100-110, 1998
6. Baronas R., Lanciniskas A., Zilinskas A. Optimiza-tion of be-layer biosensors: trade off between sensitivity nad enzyme volume, Baltic J. Modern Computing, 2014, vol. 2, No.4, 285-296
7. Baronas R., Kulys J. Modelling amperometric biosen-sors based on chemically modified electrodes, Sensors, 2008, 8, 4800 - 4820
8. Стоянов Н. Симулационен анализ на влиянието на дифузията при едноензимен биосензор, Инженерни науки (БАН), ЛП, книжка 4, 2015, 5-14
9. Yordanova S., E.Gadjeva. System modeling and sim-ulation, Technical University of Sofia, 2003.
10. Йорданов Й. Приложение на MATLAB в инже-нерните изследвания, част I и част II, (Библиотека за докторанта).- Русенски университет, Русе, 2004

INFLUENCE OF TILE MODULE TO AMPEROMETRIC BIOSENSOR IN PING-POONG ENZYME KINETICS

Nikolay STOYANOV, Antonia PANDELOVA, Bozhidar DZHUDZHEV

Electrical measurement department, Technical university – Sofia, Bulgaria

e-mail: n_stoyanov@tu-sofia.bg

Abstract: In the present work simulation analysis of Tile module to amperometric biosensor in ping-pong enzyme kinetics is developed. The investigation for one-enzyme product-sensitive and cosubstrat-sensitive variant in steady-state condition is made. The ordinary differential equations from second order of substrate, co-substrate and product are solved using final elements method in MATLAB. Concentration profiles of the substrate in the enzyme membrane and output signal of amperometric biosensor for different values of Tile module is obtained. The analysis about influence of Tile module to metrological characteristics of biosensor is made.

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

ПОДГОТОВКА, ПРЕОБРАЗОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННОГО АППАРАТА

Виктория СМОЛИЙ

кафедра „Електронные аппараты”, ВНУ им. В.Даля - Северодонецк, Украина

e-mail: vmsmolij@ukr.net

Резюме: Предложена двухконтурная система автоматизированного управления процессом производства электронных аппаратов. Сформирована и обоснована технология подготовки, преобразования и использования данных для процесса производства электронных аппаратов. Апробирована методика решения задачи постпроцессирования управляющих программ технологического оборудования.

Ключевые слова: производство электронных аппаратов, подготовка, преобразование и использование данных, постпроцессирование управляющих программ, технологическое оборудование

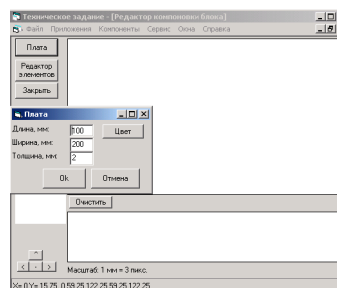
1. ВВЕДЕНИЕ

Организация управления процессом производства электронных аппаратов (ЭА) требует и обуславливает выполнение ряда требований по формализации процессов сбора, представления, обработки и визуализации информации о ходе и состоянии технологического процесса производства [2, 4-6]. Первые преобразования информации зачастую проектируют непосредственно на стадию процесса компоновки типового элемента замены (ТЭЗ) электронного аппарата, а появление последующих преобразований связаны с включением более мелких стадий в единый цикл интегрированного автоматизированного производства. В предыдущих работах по этому направлению [1, 3] была дана методология анализа качества технологического процесса (ТП) производства и синтеза ЭА на основе предложенных критериев, минимизирующих материальные затраты на производство и повышающих надежность изготавливаемого изделия.

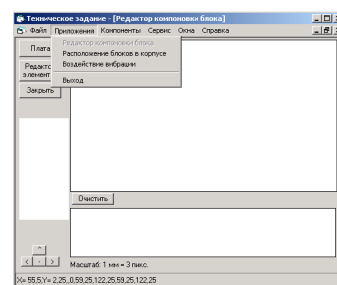
2. ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Решение задачи интеграции функции контроля качества в процесс производства электронных аппаратов заключается в том, что после создания образа (информационно-графического подобия [10-12]) объекта в среде моделирования происходит анализ влияния внешних факторов на качество техпроцесса и как следствие на свойства и параметры изготавливаемого изделия [3,8-11]. В процессе моделирования имеется ряд информа-

ции справочного содержания и основной информации непосредственно по процессу изготовления, которую нужно либо изменить, либо оставить, передав на последующие стадии производственного цикла. В отличие от работ [7, 13] здесь точка рассмотрения смещена к анализу представления, обработки, преобразования и совместимости информации а также предлагается метод постпроцессорной обработки управляющих воздействий для технологического оборудования рассматриваемого процесса производства.



а)



б)

рис.1. Редактор компоновки блока ЭА

Системы проектирования, моделирования и производства печатных плат типа Electronics Workbench, PCAD, Micro-Cap и др. отличаются высокой степенью защиты внутреннего кода, не восприятием кириллицы, отсутствием возможности решать задачи анализа влияния каких-либо внешних факторов на процесс производства и функционирования изделия. Предлагаемый редактор компоновки блока электронных аппаратов свободен от этих недостатков и, кроме того, ориентирован на выполнение исследований качества процесса производства ЭА.

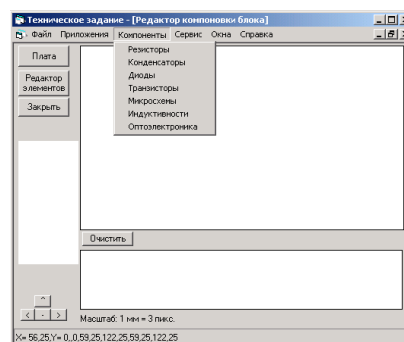
На рис. 1 приведены окна компоновки электронного аппарата, причем рис. 1, а иллюстрирует форму задания геометрических размеров печатной платы (ПП), а рис. 1, б показывает порядок работы с приложениями, как то: компоновку блока ЭА из ПП и моделирование влияния условий эксплуатации, в частности влияние вибрации.

Следует отметить, что информационное представление выбранного объекта исследования очень сложное, так как включает иерархию элементов конструкций, разнообразие самих элементов, их составляющих и параметров. Например, на рис. 2, а приведен перечень ЭРЭ, устанавливаемых на ПП, а на рис. 2, б – графическое представление и геометрические параметры одного из них.

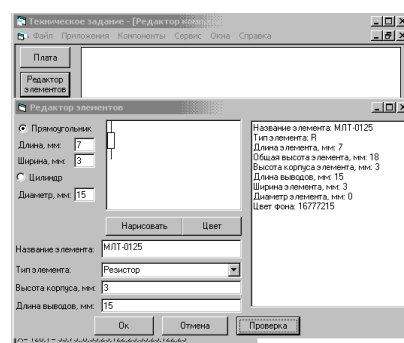
Состав базы данных этих элементов варьируется в зависимости от специализации предприятия и его технической оснащенности. Поэтому поставляемые фирмами-производителями библиотеки радиоэлементов зачастую не соответствуют производственным требованиям, и конечные потребители либо покупают готовую библиотеку радиоэлементов, либо создают собственную. В обоих случаях возникают неудобства. В первом случае библиотека радиоэлементов физически встроена в технологический процесс производства и в пределах одного предприятия зачастую используется две или более технологий производства ЭА. Во втором случае возникают проблемы из-за неполноты занесения информации в библиотечный элемент, даже для автоматических систем синтеза библиотечных элементов [4].

Для решения поставленной задачи первый подход неприемлем, а второй имеет право на существование при условии, что набирать биб-

лиотеку будет высококвалифицированный опытный специалист, который кроме параметров «типовой» библиотеки элементов должен внести параметры для последующего определения и анализа технико-экономических свойств производимого изделия.



а)



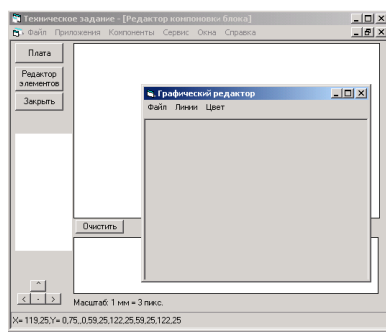
б)

рис.2. Информационно-графическое описание элементов ЭА

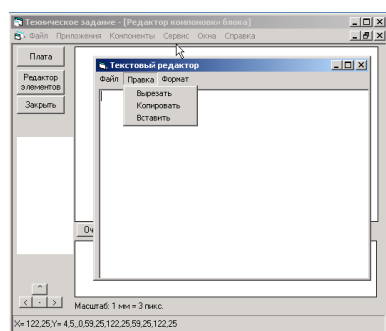
В частности к такого рода дополнительным параметрам отнесены следующие [3]: жесткость материала платы, коэффициент Пуассона, коэффициент механических потерь, масса корпуса ЭРЭ, масса выводов ЭРЭ, их жесткость и вязкость и т.д. Детально методология, инструментарий определения и математический аппарат их преобразования приведен в работе [3]. Кроме моделирования там изложено описание программно-технических комплексов и критериев компоновки ЭА и их составляющих.

На рис. 3 приведены формы редакторов, выполняющие функции инструментов создания библиотек элементов. Библиотеки элементов включают графическое представление объекта и

его параметры. Для создаваемых элементов библиотеки графическое изображение komponyется в графическом редакторе (рис. 3, а), а файл описания, прилинкованный к изображению, формируется в текстовом редакторе (рис. 3, б). Графический редактор поддерживает форматы *.bmp, *.gif, *.jpg ... графических изображений, что дает возможность совместимости с различными производственными комплексами интегрированного производства. Для файла описания элементов выбрано baz-представление, отличающееся от обыкновенных текстовых файлов, но поддерживающее обработку известными текстовыми редакторами.



а)



б)

рис.3. Формы редакторов

Многодокументный интерфейс работы оболочки позволяет объединить все компоненты приложения в единое целое, упростив процесс обмена данными между компонентами и управление компонентами приложения.

Так как речь идет об интегрированном автоматизированном производстве, то достижение цели обеспечения наилучших показателей тех-

нологического процесса при выпуске изделия с превосходящим аналогами качеством возможно только за единый цикл производства на соответствующем ряду оборудования и при решении единой стратегической многокритериальной задачи.

На рис. 4 приведена структурная схема двух-контурной системы автоматизированного управления процессом производства электронных аппаратов и их составляющих. На рис. 4 изображено следующее: блок 1 – объект исследований - технологический процесс производства блока ЭА, блок 2- критерий качества ТП производства блока ЭА, блок 3 - критерий компоновки ТЭЗ ЭА, блок 4 - критерий компоновки блока ЭА, блок 5 - моделирование ЭРЭ, ПП и ТЭЗ, блок 6 - моделирование блока ЭА, блок 7 – ЛПР, блок 8 - сверлильные станки, блок 9 - фрезерные станки, блок 10 – фотокоординатограф.

По ходу выполнения технологического процесса имеют место ситуации, когда необходимо оценить качество изготавливаемого изделия, причем для минимизации потерь времени и финансовых затрат это нужно сделать в такте всего технологического процесса. Для этого в структурной схеме системы предусмотрены блоки 2- 6, решающие задачи моделирования и обеспечения оптимальности вносимых изменений в существующий технологический процесс. Окончательное право принятия решения возложено на ЛПР, которое пропускает то или предложенное решение или изменяет его. Контур «анализа» вызывает изменения в контуре «изготовления», что проецируется на технологический процесс опосредованно через изменения уставок технологического оборудования. Так как все задачи анализа решаются за один цикл ответвления, то научная новизна и экономический эффект обусловлены системным решением вопроса повышения качества и надежности изделия путем исключения «петель» и «скачков» в существующем технологическом процессе. Следует отметить, что в техническую реализацию предложенной АСУ не вносятся излишних вычислительных ресурсов так как возможно совмещение проиллюстрированных функций на одном аппаратном обеспечении.

В контексте анализа компьютерно - интегрированного производства, предлагаемая система

автоматизированного управления реализована посредством сетевой технологии, поэтому задачу постпроцессирования управляющих программ следует понимать в отличие от работы [4], не только как адаптацию к существующему оборудованию конкретного технологического процесса, но и как адаптацию к требуемому качеству выпускаемого изделия.

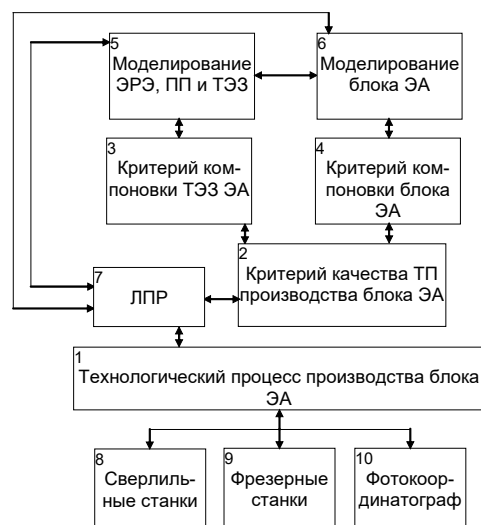


рис.4. Структурная схема автоматизированной системы управления

К входным форматам данных для рассматриваемого технологического оборудования (блоки 8 – 10 на рис. 4) отнесем следующие *.gbr, *.drl и *.hr. Файлы указанных форматов содержат в ASCII кодировке на жестком носителе или на ленточном накопителе управляющие воздействия для технологической оснастки, причем передаваемые с блока 1 (рис. 4) уставки на технологическое оборудование будут отличаться для случаев включения-выключения контура «анализа» предлагаемой автоматизированной системы управления.

Выводы: предлагаемая в работе двухконтурная система автоматизированного управления технологическим процессом производства электронных аппаратов учитывает все аспекты представления, обработки и использования информации об объекте исследований и интегрируется в технологический процесс посредством постпроцессирования соответствующих программ

исполнительных механизмов, что влечет за собой повышение качества и надежности выпускаемого изделия.

Рассматривая технологический процесс производства электронного аппарата (ЭА), с учетом возможных эффектов, возникающих в процессе функционирования последнего, возможно предложить для его описания модель в виде «черный ящик» (рис. 5).

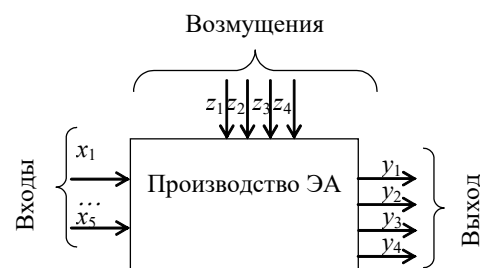


рис.5. Модель системы в виде «черный ящик»

На рис. 3 в качестве входов рассматриваются следующие составляющие: параметры, свойства и компоновка типового элемента замены, компоновка блока ЭА, стоимость проекта, стоимость изготовления, планируемое время производства. Возмущениями выступают: условия эксплуатации ЭА, квалификация персонала, выполняющего компоновку, техническая оснащенность производства, организация технологического процесса производства. К выходам системы отнесены: надежность изделия, стоимость изделия, скорость производства, уникальность комплектующих. Имея лишь одни входные данные невозможно заранее сказать как они повлияют на параметры и свойства готового изделия. Точно так же неизвестными являются и результаты воздействия возмущений на параметры произведенного ЭА. Взаимосвязь и зависимость выходных параметров от входных и возмущений, для рассматриваемого случая, возможно определить лишь с точки зрения системного подхода. В частности, в работе [1,8] были предложены критерии компоновки ТЭЗ и блока ЭА, реализующие анализ взаимосвязи входных параметров для процесса производства с возмущающими параметрами. Анализ взаимосвязи входных и возмущающих параметров рассматриваемого производства с выходными характеристиками посвящена работа [2, 6-9], где для этих целей

предложен критерий качества процесса производства.

Следует подчеркнуть, что только представление процесса производства ЭА в виде системы, позволяет получить, промоделировать и исследовать явления ложного сигнала в ЭА и ультрагармонического резонанса для ТЭЗ [3], что в свою очередь является проявлением системной свойства эмерджентности. Это свойство заключается в том, что на некоторых частотах наблюдается эффект резонансного взаимодействия элементов системы, которого при исследовании отдельных элементов системы не наблюдалось и такого свойства у элементов системы нет. Совместное функционирование элементов системы и проявление в процессе эксплуатации этих эффектов необходимо исследовать, предсказывать появление и учитывать в математической модели объекта исследований.

Составляя математическое описание рассматриваемой системы, следует иметь в виду наличие большого количества параметров, характеризующих систему [8, 11]. Часть из этих параметров служат для моделирования, а другие для оценки принимаемых компоновочных, структурных и технологических решений для рассматриваемого процесса производства. Вначале необходимо выделить возможные конечные ситуации, характеризующие систему, затем установить соответствие между ситуацией и значением параметров и их комбинацией, а затем получить взаимосвязь с рассчитываемыми значениями переменных, генерируя при этом сценарии (набор действий), направленные на достижение желательных выходных параметров процесса производства. Если по типовому элементу замены такого рода анализ выполнен [6], то для блока ЭА подобного рода анализа еще предстоит выполнить.

В табл. 1 приведена структура переменных, характеризующих ЭА.

табл. 1 Структура переменных

Обозначение переменной	Семантическое значение
$\bar{A}_x, \bar{A}_y, \bar{A}_z$	Амплитуда колебаний блока ЭА
$\bar{A}_\varphi, \bar{A}_\psi, \bar{A}_\theta$	Фазовый угол блока ЭА

$\bar{A}_x, \bar{A}_y, \bar{A}_z$	Допустимая величина амплитуды колебаний ЭА
$\bar{A}_\varphi, \bar{A}_\psi, \bar{A}_\theta$	Допустимая величина угла поворота вокруг оси
Δf	Диапазон рабочих частот по условиям эксплуатации электронного аппарата
ν_i	Собственные частоты колебаний блока ЭА
...	...

Выделяя исходы, учитываем необходимость рассмотрения «полной группы событий» и учитываем вероятности их совместного появления. Возможные исходы приведены в табл. 2.

табл. 2 Возможные исходы

Обозначение исхода	Семантическое значение	Лингвистические обозначения
y_1	Произведенный ЭА отвечает всем техническим, технологическим и экономическим требованиям	Выполнить постпроцессирование управляющих воздействий для технологического оборудования
y_2	Наличие у готового изделия свойства виброустойчивости	
y_3	Наличие поломки (отказа) в ходе эксплуатации у готового изделия	Запустить на выполнение моделирование с последующей коррекцией компоновки и параметров производства электронных аппаратов
y_4	Наличие сбоя в работе у готового изделия	

Для исходов, описанных в табл. 2, справедливо соотношение вида

$$P(y_1) + P(y_3 | \bar{y}_2) + P(y_4 | y_2) + P(y_4 | y_3) = 1, \quad (1)$$

где $P(y_1)$ – вероятность появления исхода y_1 , $P(y_i | y_j)$ – вероятность появления исхода y_i при условии наступления y_j .

Сами величины условной вероятности для выражения (1) определяются соотношениями:

$$P(y_3 | \bar{y}_2) = \frac{P(\bar{y}_2 \cap y_3)}{P(\bar{y}_2)} \quad (2)$$

$$P(y_4 | \bar{y}_2) = \frac{P(\bar{y}_2 \cap y_4)}{P(\bar{y}_2)} \quad (3)$$

$$P(y_4|y_3) = \frac{P(y_3 \cap y_4)}{P(y_3)} \quad (4)$$

где $P(y_i \cap y_j)$ – вероятность совместного осуществления событий y_i, y_j .

В свою очередь полная вероятность для инверсии первого исхода определяется выражением $P(\bar{y}_1) = P(\bar{y}_1|\bar{y}_2)P(\bar{y}_2) + P(\bar{y}_1|y_3)P(y_3) + P(\bar{y}_1|y_4)P(y_4)$, где y_i, y_j – несовместные группы событий и их объединение является достоверным событием.

Зададим системе примеры соответствия вероятностных входов возможным исходам по каждому входу. База знаний соответствия вероятностных входов исходам, построенная на основе анализа знаний и опыта экспертов в области разработки, компоновки и производства электронных аппаратов представлена в табл. 3.

табл. 3 База знаний соответствия вероятностных входов исходам

Исход	Значение переменной	Значение переменной	Значение переменной	Значение переменной
y_2	y_5	y_6	УГ	
y_3, y_4	y_6	y_7	УГ	ЛС

В табл. 3 функции y_5, y_6 ... и их инверсии представляют собою продукционные правила.

Исход $\bar{y}_2$ наступает в случае превышения амплитуды колебаний блока ЭА и фазовых углов допустимых значений, в случае попадания собственных частот конструкции в рабочий интервал частот и в случае ультрагармонического резонанса т.е.

$$\bar{y}_2 = y_5 \cup y_6 \cup \text{УГ} \quad (5)$$

где $y_5 =$

$$(\bar{A}_x > |\bar{A}_x|) \cup (\bar{A}_y > |\bar{A}_y|) \cup (\bar{A}_z > |\bar{A}_z|) \cup (\bar{A}_\varphi > |\bar{A}_\varphi|) \cup (\bar{A}_\psi > |\bar{A}_\psi|) \cup (\bar{A}_\theta > |\bar{A}_\theta|), \quad (6)$$

$$y_6 = \begin{cases} 1, & v_i \in [f_n \dots f_s] \\ 0, & v_i \notin [f_n \dots f_s] \end{cases} \quad (7)$$

Для устранения нежелательного исхода $\bar{y}_2$ и преобразования его в исход y_2 необходимо выполнить следующие действия

$$\text{Если } \bar{y}_2 \text{ то } \text{КБ1} \cap (\text{ТСВ2} \cup \text{УА}) \cap \text{ИП1}. \quad (8)$$

Исходы y_3 и y_4 отличаются друг от друга обратимостью происходящих процессов, т.е. после наступления исхода y_4 по истечении времени или

по окончании воздействия возмущающего фактора, ЭА может обеспечивать заданное функционирование. В случае наступления исхода y_3 , после прекращения возмущающих воздействий, ЭА не выполняет свои функции.

$$y_3 = y_6 \cup y_7 \cup \text{УГ} \cap \text{ЛС}, \quad (9)$$

$$\text{где } y_7 = (\bar{A}_x > |\bar{A}_x|) \cap (\bar{A}_y > |\bar{A}_y|) \cap (\bar{A}_z > |\bar{A}_z|) \cap (\bar{A}_\varphi > |\bar{A}_\varphi|) \cup (\bar{A}_\psi > |\bar{A}_\psi|) \cup (\bar{A}_\theta > |\bar{A}_\theta|). \quad (10)$$

Для устранения нежелательных исходов y_3, y_4 необходимо выполнить следующие действия

Если y_3 то

$$\text{БКМП} \cap \text{КБ1} \cap (\text{ТСВ1} \cup \text{УА}) \cap \text{ИТ2} \cap \text{ИП1} \quad (11)$$

Предложенный механизм принятия решений (8) – (11) необходимо интегрировать в разрабатываемую систему автоматизированного управления производством ЭА, наряду с инструментами моделирования ЭА, анализа и сравнения параметров с допустимыми значениями, улучшения свойств и компоновки ЭА. Необходимо предусмотреть также инструменты оценки полученных модификаций с точки зрения оптимизации некоторых экономических и технологических параметров технологического процесса.

3. ВЫВОД

Предложена двухконтурная система автоматизированного управления процессом производства электронных аппаратов. Сформирована и обоснована технология подготовки, преобразования и использования данных для процесса производства электронных аппаратов. Апробирована методика решения задачи постпроцессирования управляющих программ технологического оборудования.

Системно проанализирован процесс производства ЭА, опирающийся на применение комбинации методов теории множеств, теории вероятности, теории графов, механизм экспертных систем, синергетику. Системный анализ позволил представить обнаруженный экспериментально эффект ложного срабатывания ЭА, как свойство эмерджентности системы, сгенерировать методики анализа компоновки и параметров ЭА и синтезировать управляющие воздействия на основании правил продукции и показал необходимость применения единого метода анализа системы.

Литература

1. **Смолий В.Н.** Системное моделирование электронных аппаратов и компонентов // Адаптивні системи автоматичного управління. Міжвідомчий науково-технічний збірник. – К.:НТУУ «КПІ», 2015.- № 1(26).-С. 128 - 136.
2. **Смолий В.Н.** Особенности моделирования электронных аппаратов различного назначения и условий эксплуатации // Адаптивні системи автоматичного управління. Міжвідомчий науково-технічний збірник. – К.:НТУУ «КПІ», 2016.- № 1(28).-С. 116 - 128.
3. **Смолий В.Н.** Нейросетевая технология обучения системы поддержки принятия решений для электронных аппаратов // Българско списание за инженерно проектиране, брой 23, юли 2014г. – С.125 – 135.
4. **Смолий В.Н., Карпенко А.В.** Концепция автоматизированной системы обучения для высшего учебного заведения// Проблеми інформаційних технологій. – Херсон.: ХНТУ., 2014. – № 15. - С.70-76.
5. **Смолий В.Н.** Управление производством сложно-организованных технологических объектов//Вісник СНУ ім. В.Даля.– 2009. - № 2 (132). Ч.2. – С. 46 - 55.
6. **Смолий В.Н.** Исследование эффективности управления процесса производства электронных аппаратов // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2010.- Вип. 39. – С. 174 - 178.
7. **Смолий В.Н.** Особенности концепции управления производством электронных аппаратов// Вісник СНУ ім.В.Даля. – 2010. - № 2 (144). - С. 128 - 133.
8. **Vitaly Ulshin, Victoria Smoliy.** Automated management by designer preparation of production of electronic vehicles/ ТЕКА Ком. Мот. І Енерг. Ролн. – OL PAN, 2011, 11А, Р.276 – 281.
9. **Ульшин В.А., Смолий В.Н.** Функции лица, принимающего решение, при управлении производством электронных аппаратов// Вісник СНУ ім.В.Даля. – 2011. - № 3 (157) - с. 214 - 220.
10. **Смолий В.М.** Синтез и исследование критерия компоновки типового элемента замены электронного аппарата/ Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка» (ІКОТ - 2012). - 2012.- Вип. 15 (203) – стор. 203-208.
11. **Смолий В.М., Ульшин В.А., Фомін Я.Г.** Mathematical design and operations of electronic vehicles management and introduction of results of researches in an educational process. / ТЕКА. Commission of motorization and energetics in agriculture. –2012, Вип.12, №4, - стор. 285 – 289.
12. **Смолий В.М., Ульшин В.А.** Принципиальная схема системы поддержки принятия решений конструкторской подготовки производства электронных аппаратов. / Науковий журнал. “Вісник” СНУ ім. В. Даля. — 2012, Вип. №3(174), ч.2. - с. 187-190.
13. **Смолий В.М.** Подсистемы СППР автоматизированного управления конструкторской подготовкой производства электронных аппаратов в машиностроении / Міжнародний збірник наукових праць. Прогресивні технології і системи машинобудування. —, 2012.- Вип. 43. – С. 272 — 277.

PREPARATION, TRANSFORMATION AND USE OF DATA IN THE PROCESS OF PRODUCTION OF ELECTRONIC VEHICLE

Victoria SMOLIY

electronic vehicles department, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University - Severodonetsk Ukraine
e-mail: vmsmolij@ukr.net

Abstract: In work the automated control system is offered with two contours for the technological process of production of electronic vehicles. Formed and grounded technology of presentation, treatment and use of information. The new method of decision of task is approved post of processor treatment of the controls programs of technological equipment.

Keywords: production of electronic vehicles, preparation, transformation and use of data, aftertreatment of control program, technological equipment.