

Българско списание за Инженерно ПРОЕКТИРАНЕ

брой №25, януари 2015г.

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.Лepadatescu	Transilvania University of Brashov, Romania
М.З.Георгиев	ТУ-София, България	Н.Zrnic	University of Belgrad, Serbia
Н.Л.Николов	ТУ-София, България	М.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. университет, Курск, Россия
Л.Червяков	Юго-Западный гос. университет, 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.
Списание то се индексира в Index Copernicus: www.indexcopernicus.com

Bulgarian journal for **Engineering Design**

issue №25, January 2015

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

Editor

R.Mitrev, TU-Sofia, Bulgaria

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

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

СЪДЪРЖАНИЕ

Методика за изследване на концентратори на напрежение чрез метода на крайните елементи – част II	5
П.Недялков	
Принудени, от неравностите на пътното платно, трептения на двусосен автомобил с висока проходимост	15
Д.Желев	
Математично моделиране и синтез на система за управление на хидравлично задвижван подемен механизъм	19
Р.Митрев	
Видове схеми за сертификация на продукти	29
Б.Илиева	
Предпоставки на европейското законодателства за създаване на web базирана система за подпомагане на дейността на институции, свързани с пътнотранспортни производствия	33
В.Пенчев, И.Николова, М.Куванджиев, Е.Събев	
Изследване на хидродинамиката на апарат с „модифициран“ кипящ слой	39
Е.Крайчев, Г.Таков, Р.Вучева, Р.Попов, П.Събев	
Симулационни изследвания на влиянието на дебелината на мембраната при едноензимен амперометричен биосензор	45
Н.Стойнов	
Първоначална пилотна конструкция на инструментална екипировка за леене под налягане на пластмасови детайли	51
С.Стефанов, Л.Димитров, М.Раденков	
Trends in construction of long-distant gas and oil pipelines	55
Muzher Taha Mohamed	
Инженерният дизайн – баланс между наука и изкуство	61
Яна Юнакова	
Синтез оптимального регулятора состояния в нестационарных системах на база функции Уолша	67
А.Стенин, В.Бурлаков, В. Курбанов, М.Солдатова	
Vehicle diagnostics trough web environment	73
V.Penchev	
Динамичен модел на пространствените свободни затихващи трептения на автомобил с колесна формула 8x8	79

Д.Желев

Разработване и функциониране на схема за сертификация на продукти..... 85
Б.Илиева

Анализ и предложения за усъвършенстване на функционалните възможности на устройствата по стандарта IEEEE1616 и системата Escall..... 91
М.Алдимиров, Г.Станчев

МЕТОДИКА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА КОНЦЕНТРАТОРИ НА НАПРЕЖЕНИЕ ЧРЕЗ МЕТОДА НА КРАЙНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ - ЧАСТ II

Петко НЕДЯЛКОВ

катедра „Машинни елементи и неметални конструкции”, Машиностроителен факултет на Технически
Университет – София, България
e-mail: nedpetko@tu-sofia.bg

Резюме: Работата разглежда постановка за анализ на концентратори на напрежение от погледа на изчислителна методика която за съжаление има слабо представяне в литературата. В случая се изхожда от конструктивно прост случай – плоча с разпробити отвори. Анализирани са резултатите на няколко случая или конструктивни варианти следвайки основната цел да се отчете влияние между конструктивните параметри – диаметри на отворите, разстояние между тях и разположение на отворите. Актуалността на задачата е породена от изчислителни проблеми свързани с олекотяването на детайли чрез отнемане на материал от ненатоварени части на самият детайл. Извършен е сравнителен анализ между получените числени резултати с Метода на крайните елементи и съществуващи справочни източници главно от експериментално – емпиричен характер. Резултатите в работата са получени чрез числено симулационна методика използваща Метода на крайните елементи.

Ключови думи: концентратори на напрежение, метод на крайните елементи

1. УВОД

В предишна разработка [1] се разгледа методиката за работа при пресмятане на концентратори на напрежение за концентратор и детайл с проста форма, като предпоставка за понататъшно развитие и създаване и усъвършенстване на методичните подходи при работа с концентратори на напрежение използвани за пресмятане, проектиране и конструиране на машинни елементи, възли и сложно - съставни изделия.

Олекотяването чрез отнемане на материал или добавянето на усилващи конструктивни компоненти на детайлите всъщност създава концентратори на напрежения и съпътства конструктивните разработки свързани с олекотяване на детайлите и увеличаване на използваемостта на материалите е проблем с влияние върху съвременните тенденции в автомобилостроенето, самолетостроенето и т.н.. Изчислителните постановки в тази посока не са силно развити и не намират сериозно отражение в справочно – изчислителната литература, като общата тенденция за по – старите източници е емпиричният характер на данните [3,4,6] или примерни чисто конструктивни постановки [3,4,7].

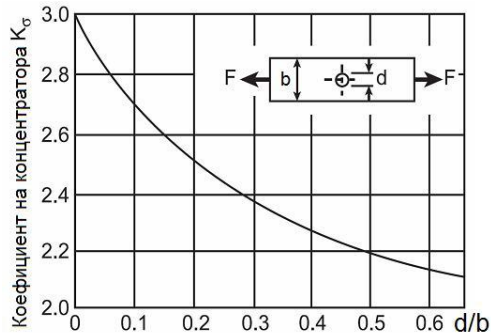
Към момента в книгите и справочниците [2,3,4,5,6,7] се работи чрез графичен способ за отчитане на зависимост между геометричните

размери на концентратора на напрежение и коефициента на концентрация на напрежения, илюстрирано на фиг. 1 е за един случай на отчитане и определяне на стойността на ефективния коефициент на концентрация на напрежения.

Основен професионален справочник за отчитане на изчислителни стойности на ефективните коефициенти на концентрация напрежения е Петерсон [6], който представлява сериозен анализ и уточняване на предхождащи го източници. Разгледаните източници в Петерсон [6] много от, които с монографичен и дисертационен характер, принадлежащи на предвоенния и довоенния период (1930 – 1945г.) разглеждат проблема с концентраторите на напрежение със средствата достъпни за този период - фотоеластични експерименти за съответните случаи на натоварване и форма на концентраторите на напрежение. В справочника [6] съществуват и аналитични постановки, но като цяло разгледаните случаи на натоварване са частни и обхващат най-разпространените случаи на натоварване.

Посоченият подход е доказан с времето и успешните конструкции реализирани чрез съпътстващата го изчислителна методика, което не пречи да бъде съпоставен със съвременни методи и подходи за решаване на подобни задачи. Разгледаната в [1] методика и най-вече представените в нея резултати, не дават обективно сравнение

между двата подхода, както бе критично посочено на автора.



фиг. 1 Зависимост между k_c и d/b за разглеждан случай на натоварване

Поради тези причини авторът си позволява да отчете някои основни недостатъци и да сравни подхода в [2, 3, 4, 5, 6, 7] със съвременни изследователски методи [1].

Първият недостатък на този графоаналитично-емпиричният подход [2-7] е, че заради принципа на отчитане се натрупва изчислителна грешка още от момента на отчитане, тъй като при графичното отчитане не е възможно да се постигне функционална точност. Този недостатък може да се преодолее и да се постигне доста по висока точност при използване на интерполиращи зависимости базирани на графичните такива, като в този случай точността на отчитане ще влияе само веднъж - при първоначалното отчитане.

Втори недостатък може да се отчете невъзможността да се отчита третото измерение на концентратора. Този недостатък произтича от унаследяването на фотоеластичните изследвания към триизмерните обекти.

Трети недостатък е невъзможността да се отчита произволна подредба и форма на концентратора на напрежение, поради характера на справочните материали.

Четвърти недостатък е невъзможността да се отчита изменение на свойствата на материала от повърхността в дълбочина на детайла. Тук е мястото да се уточни, че подобна възможност е трудно решима и за съвременните методи и средства.

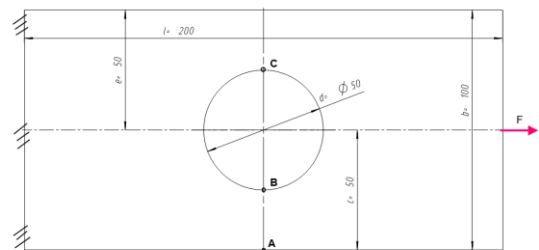
Тези недостатъци са реализация на идеологията за работа с частни изчислителни случаи и съответстващото разглеждане в машиностроителното конструиране и проектиране чрез случаи на натоварване (case study).

Разглежданата в [1] постановка и подобни на нея са изключително подходящ обект за изследване с Метода на крайните елементи [8, 9] и настоящата разработка се фокусира върху сравнение между изчислителните възможности на класическият Петерсон [6] и Метода на крайните елементи /МКЕ/.

2. ИЗСЛЕДВАНЕ И РЕЗУЛТАТИ

Разгледаните в [1] случаи не представляват пълно изследване на проблема, а само крачка за уточняване на изчислителна методика, което е задоволително постигнато и на негова база се разглеждат резултатите в настоящата работа. Численият експеримент обект на настоящата статия е проведен ограничено - използван е Siemens NX/Nastran 8, настройките на омрежването са както в уточнено в [1], с коефициент на наситняване $k_s < 0.3$, а случаите на натоварване, форма и разположение на концентраторите са изяснени чрез съответни фигури.

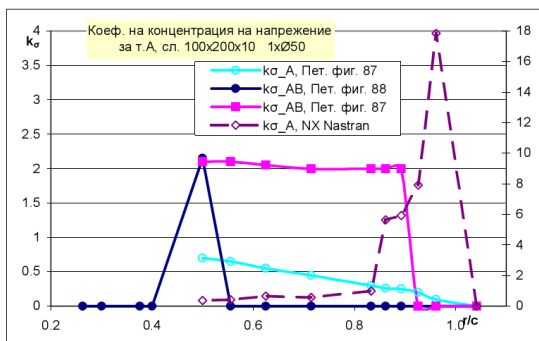
2.1. Осово натоварване - опън на плоча с разпробит отвор.



фиг. 2 Размери и позиция на единичен отвор върху правоъгълна плоча

Означенията на фигурите в настоящата разработка са съгласно фиг. 2, като следващите схеми са съгласувани с нея. Позицията на т.А е на стената, т.В е на външната стена на отвора, и т.С е на вътрешната стена на отвора. Фиг. 2 е оразмерена за централна позиция на разполагане на отвора, като се има предвид, че изследваните по-

долу случаи изменят параметрите („d, c, e”) диаметър на отвора, отстояние до стената на плочата и т.н.



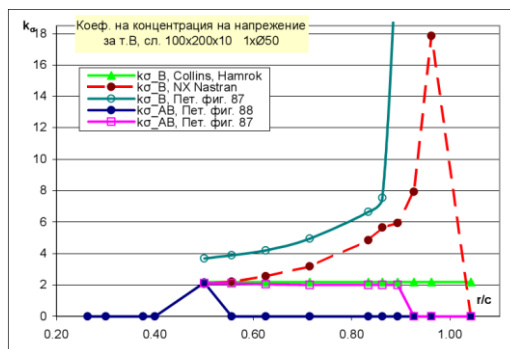
фиг. 3 Зависимост на коеф. на концентрация на напрежения за т.А от съотношението "r/c".

табл. 1 Параметри на изпитваните образци

d	50	25	16.7
b	100	100	100
d/b	0.5	0.25	0.167
k _{σB}	2.2	2.45	2.55

Отвора в плочата формира концентратор с проста форма, като съотношението "d/b" се запазва постоянно за изследването на всеки образец и се променя при изпитване на следващия образец, както е показано в табл. 1.

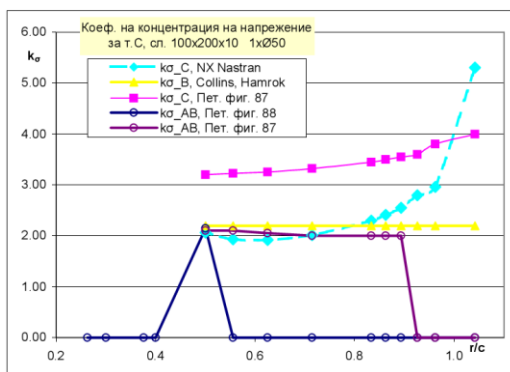
При тази постановка отношението "r/c" е единият от факторите влияещи върху коефициента на концентрация на напрежения, като се отчете, че $r = d/2$ и при постоянен диаметър на отвора, съотношението "r/c" се променя чрез промяна на разстоянието "c". Необходимо е да се уточни, че зависимостта на коефициента на концентрация на напрежения, както е показан в [1,2,3,4,5] и фиг. 1, всъщност представлява централно разположен концентратор, не отчита отношението "r/c" и представлява постоянна стойност, като на фигурите е показана с линията "Collins, Hamrok" [3, 4]. Стойността на $k_σ$ според [3, 4] е за външната стена на отвора и е приета за стойност на $k_{σB}$, като за централно разположен отвор стойностите за външната и вътрешната стена на отвора са равни - $k_{σB} = k_{σC}$



фиг. 4 Зависимост на коеф. на концентрация на напрежения за т.В от съотношението "r/c".

Отношението "r/c" съгласно фиг. 2 представлява изместването на отвора към стената на плочата, като в резултат от изместването се повишават напреженията действащи в застрашеното сечение и се повишава стойността на коефициента на ефективна концентрация.

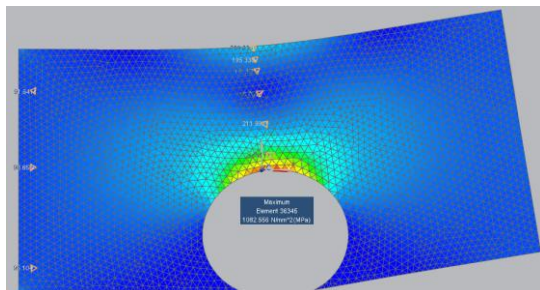
Тъй като за симулационното моделиране в МКЕ няма ограничение за разположение на отвора спрямо стената, с изключение на ситуацията в която външната стена на отвора и стената се допират (формират $c = 25$, за сл. $d = 50$, $AB = 0$ mm), изследването е проведено в две точки: $c = 24$ и $c = 26$.



фиг. 5 Зависимост на коеф. на концентрация на напрежения за т.С от съотношението "r/c".

Резултатите от сравнителния анализ са показани на фигури 3,4 и 5, а на фиг. 6 е показан случаят при $c = 24$, $r/c = 1.042$ (излизане на отвора извън външната стена), при което ясно се вижда

разположението на максималните напрежения, а стойността на $k_{\sigma C} = 5.3$.

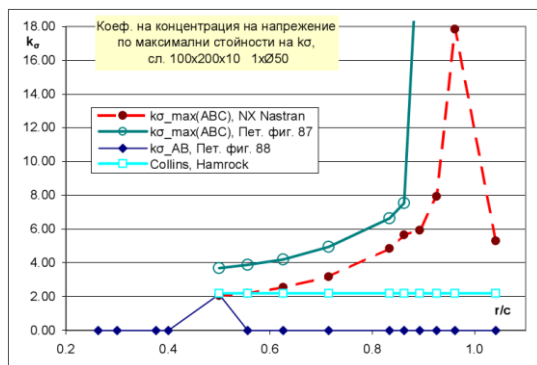


фиг. 6 Резултат за напреженията при изместване на отвора в края на плочата.

Резултатите от сравнението показват разлика между стойностите за трите точки, но също така показват разлика между отчетените стойности по Петерсон [6], и останалите методи. Ако се изведе коефициента на концентрация на напрежения по максималната стойност на напрежението, без да се отчита къде се намира точката в която са разположени максималните напрежения би се получила зависимостта изразена чрез:

$$k_{\sigma n} = \frac{\max(\sigma_A, \sigma_B, \sigma_C)}{\sigma_{nom}} \quad (1)$$

и показана на фиг. 8.



фиг.7 Зависимост на коеф. на концентрация на напрежения за максималните напрежения от съотношението „r/c“.

Графичните зависимости за "k_σ" по [2, 3, 4, 5] съответстват на зависимостта дадена в [6, фиг. 86], в същия източник, [6, фиг. 87] представя зависимостта на "k_σ" от стойността на отноше-

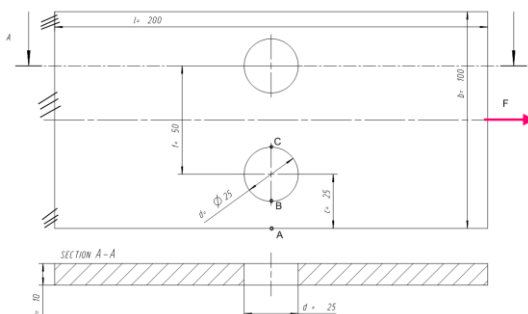
нието между радиуса на отвора и разстоянието между отвора и стената "r/c", а [6, фиг. 88], зависимост която отчита разстоянията между отвора и двете странични стени. Тази зависимост е силно ограничена и на фигури 3; 4; 5 от нея е изведена само по една точка.

Сравнявайки зависимостите се вижда, че характера на стойностите получени със симулационния модел и [6, фиг. 87] е подобен за отрязъка където могат да бъдат отчетени стойности, но абсолютните стойности се различават. Съвпадане по абсолютна стойност се наблюдава между симулационния модел и [3; 4; 6, фиг. 86] и [6, фиг. 88] в една точка за централно разположен отвор.

2.2. Осово натоварване - опън на плоча с два разпробити отвора.

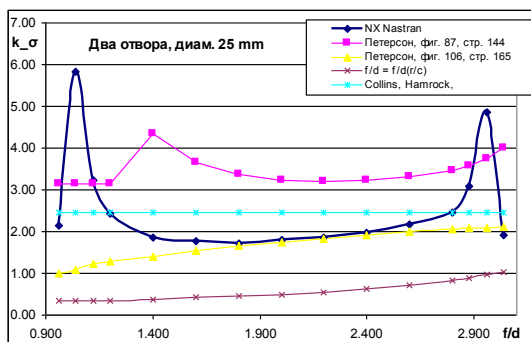
Аналогично на предходния случай на натоварване, за случая на плоча с два отвора - фиг. 8, означенията на точките са същите, като е добавен параметър "f" представящ разстоянието между отворите.

Коефициентите на концентрация на напрежения "k_σ" на следващите графики се представят по максимална стойност без да се отчита позицията на точката - т. А, В или С.



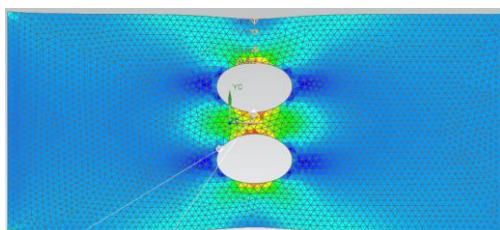
фиг.8 Конфигурация и параметри на правоъгълна плоча с два разпробити отвора.

Аналогично на предходния случай, при нулиране на разстоянията АВ, СС', се провеждат две изчисления, за да се осигури възможност за замреждане на модела.



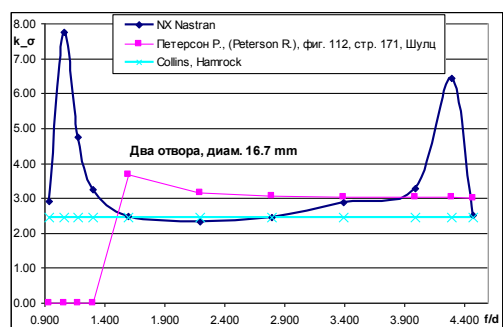
фиг.9 Зависимост на "k_σ" от разстоянието между отворите, за d = 25.

За случая на два отвора показан на фиг. 8 ясно в резултатите се - фиг. 9 ясно се открояват два пика показващи съответно сближаването на отворите със стената на плунката и сближаването между самите отвори.



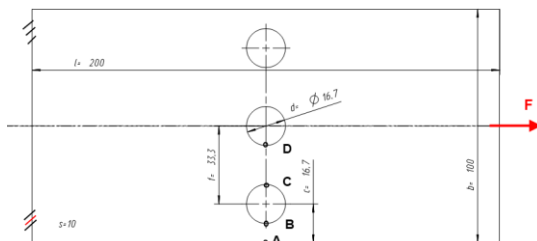
фиг.10 Резултати за напреженията при сближаване на два отвора.

Зависимостите за коефициента на концентрация са показани на фиг. 9 и 10, за различни диаметри на отворите.



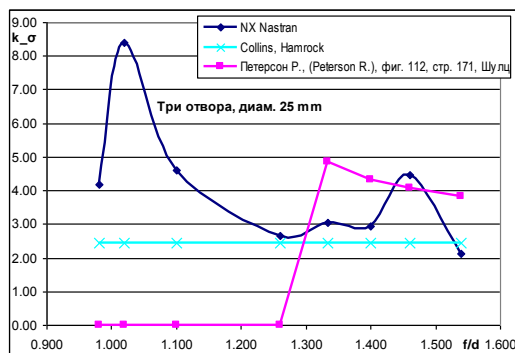
фиг.11 Зависимост на "k_σ" от разстоянието между отворите, за d = 16.7

2.3. Осово натоварване - опън на плоча с три разпробити отвора.

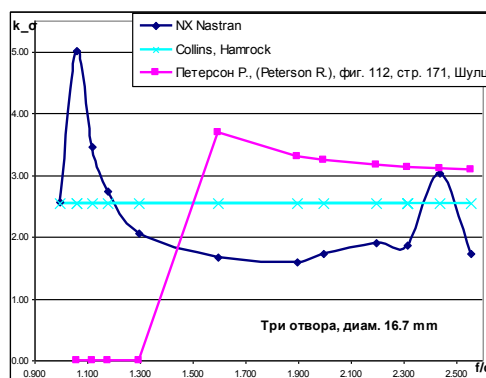


фиг.12 Схема на натоварване и параметри за плоча с три отвора.

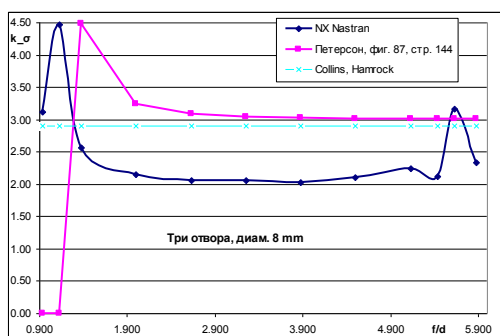
Аналогично на предходните случаи на натоварване, за случая на плоча с три отвора - фиг. 12, означенията на точките са същите. Спазено е същото отчитане на стойностите - по максимални напрежения.



фиг.12 Зависимост на "k_σ" от разстоянието между отворите, за d = 25 mm.

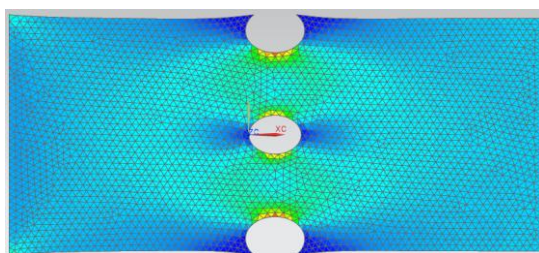


фиг.14 Зависимост на "k_σ" от разстоянието между отворите, за d = 16.7 mm.



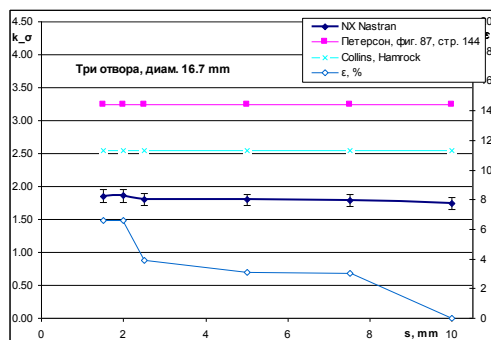
фиг.15 Зависимост на "k_σ" от разстоянието между отворите, за d = 8 mm.

Случаите с повече от един отвор са с геометрична симетрия и съответно се получава симетрично разпределение на напреженията около отворите, както се вижда на фиг. 10 и 16.

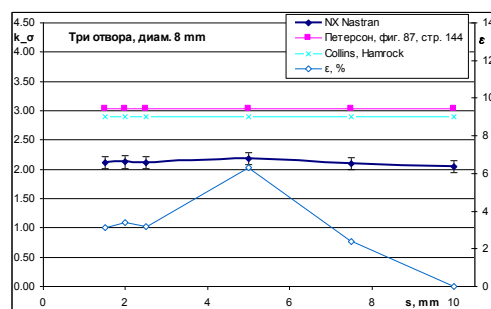


фиг.16 Стойности на напреженията при излизане на отвора извън стената при плоча с три разпробити отвора.

2.4. Влияние на дебелината на плочата



фиг.17 Зависимост на "k_σ" от дебелината на плочката, за d = 16.7 mm, симетрично разположени отвори (f=2c).

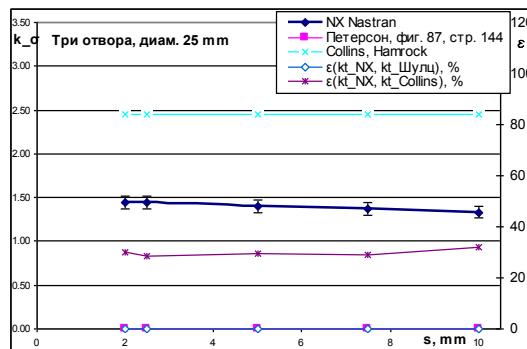


фиг.18 Зависимост на "k_σ" от дебелината на плочката, за d = 8 mm, симетрично разположени отвори (f=2c).

Абсолютната стойност на дебелината на плочата влияе върху стойността на коефициента на концентрация, като на фиг. 17 и 18 са показани стойностите на "k_σ" за симетрично разположени отвори по отношение на широчината на плочката, като е показано и разсейването на симулационните резултати "ε" изчислено по следната формула:

$$\varepsilon = \frac{k_{\sigma i} - \min(k_{\sigma i})}{\min(k_{\sigma i})} \cdot 100, \% \quad (2)$$

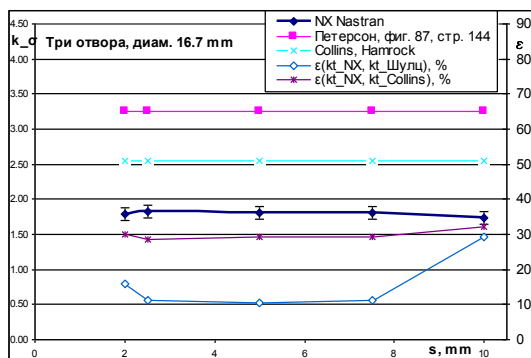
За случая когато отворите се приближават към стената на плочката и намалява разстоянието между стената и крайния отвор резултатите са показани на фиг. 19, 20 и 21.



фиг.19 Зависимост на "k_σ" от дебелината на плочката, за d = 25 mm.

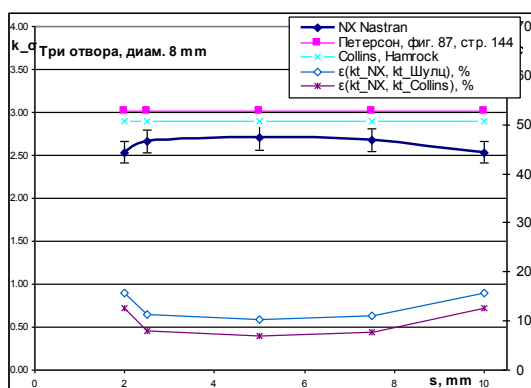
В тези случаи на фигурите са показани разсейване между симулационните данни и справочните такива, като са използвани следните зависимости:

$$\varepsilon = \frac{k_{\sigma \text{ Шулиц}} - k_{\sigma \text{ NX}}}{k_{\sigma \text{ Шулиц}}} \cdot 100, \% \quad (3)$$



фиг.20 Зависимост на "k_σ" от дебелината на плунката, за d = 16.7 mm.

$$\varepsilon = \frac{k_{\sigma \text{ Collins}} - k_{\sigma \text{ NX}}}{k_{\sigma \text{ Collins}}} \cdot 100, \% \quad (4)$$



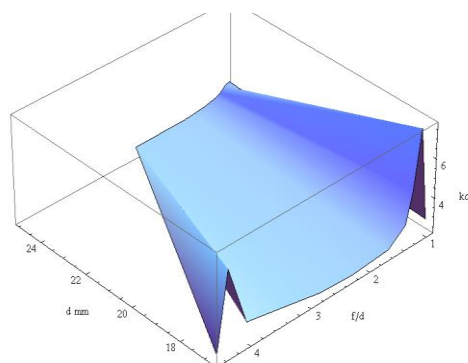
фиг.21 Зависимост на "k_σ" от дебелината на плунката, за d = 8 mm.

3. ИЗВОДИ

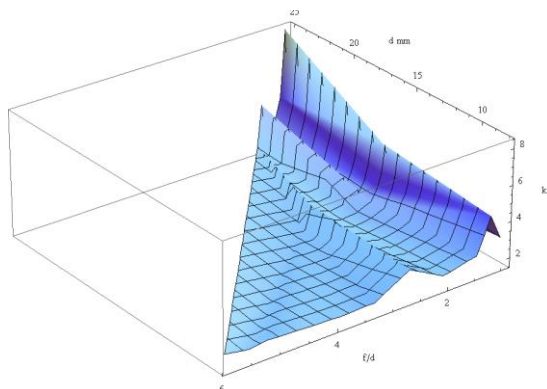
Разработката е провокирана от търсенето на точност и съпоставимост на резултатите за коефициент на концентрация на напрежения между Метода на крайните елементи и експериментални или теоретични такива. Резултатите от изследването за различните случаи на натоварване и конструктивна конфигурация са прости, което е направено с цел да се улесни проследимостта на резултатите.

Методичният подход описан в [1] и по – горе с използване на Метода на крайните елементи осигурява точност на работата и свобода на конструктивните конфигурации, като са налични и ограничения, но е явно, че свободата на разработване е многократно повишена. Този факт е определящ за сериозното разпространение на САЕ* системите използващи Метода на крайните елементи за практически и изследователски цели.

Резултатите могат да се обобщят като представяне в повърхнинен вид, както е показано на фиг. 17, където се вижда че областите с пикове в коефициента на концентрация на напрежения заграждат сравнително плоски зони, където коефициента на концентрация на напрежения няма екстремални нараствания и може да се твърди, че конструктивните решения биха имали стабилни показатели при изменение на параметрите на разполагане на отворите в зраниците на плоската зона.



фиг.22 Коефициент на концентрация на напрежения за плоча с два отвора.



фиг.23 Коефициент на концентрация на напрежения за плоча с три отвора.

Сравнението на резултатите от справочния подход и числените резултати от изчисленията с NX/Nastran може да се обобщи в следните няколко извода:

➤ коефициентите на концентрация изчислени със симулационния модел са очаквано [8, 9] по - ниски от справочните;

➤ стабилността на резултатите от симулационния модел за общите случаи на конфигурация и натоварване са много добри;

➤ зависимостта на коефициента на концентрация показва една стабилна зона с широчината зависеща от абсолютния диаметър на отвора (концентратора);

➤ зависимостта на коефициента на концентрация от дебелината на планката е стабилна и не зависи от геометричните параметри, като разсейването спрямо справочните данни е различно за различните диаметри;

➤ разсейването на симулационните резултати спрямо справочните е значително, като се препоръчва за репер в общия случай да се използва отчитането на единичен кон-центратор [2, 3, 4, 7];

➤ при изтъняване на зоните между отвора и стената на планката, като и при намаляване на дебелината на планката, изискванията за характеристиките на мрежата [1], увеличават консумираното изчислително време и компютърния ресурс до невъзможност да се проведе изчисление, поради което не са представени такива резултати. В този случай е препоръчително да се премине към използване на променливи (адаптивни) характеристики на мрежата. В текущата разработка и в [1] са използвани неадаптивни мрежи с цел стабилност и еднаквост на резултатите.

Резултатите от работата и в [1] като потвърдителни данни са подходящи за въвеждане като изчислителна методика за обучение на студенти от машиностроителните специалности.

Разгледаната методика и заложените в нея постановки е прилагана за систематизиране на проектите свързани с олекотяване на детайлите и възлите на състезателния автомобил на ТУ-София за участие в Shell ECO Marathon Europe 2011, 2012, 2013, спечелил две втори награди в съответните класове.

Литература

- [1] Недялков П., „Методика за изследване на концентратори на напрежение чрез метода на крайните елементи”, Българско списание за инженерно проектиране, брой 19, стр. 61 – 68, месец Юли, ISSN 1313-7530, София, 2013г.
- [2] Христов Д. и др (1967). Пресмятане и конструиране на машинни елементи, С., Техника, 1967.
- [3] Collins J. A. (1981). Failure of Materials in Mechanical Design, John Wiley & Sons, New York, 1981.
- [4] Hamrock B. Y., Schmid S. R., Jacobson Bo. O. (2005). Fundamentals of Machine Elements, McGraw-Hill, New York, 2005.
- [5] Dimitrov L. "Principles of Mechanical Engineering Design. Mechanical components. 2nd revised and expanded ed." Sofia: Heron Press, 2009.
- [6] Петерсон Р. "Коефициенти концентрации напряжений" Издателство "Мир", Москва 1977.
- [7] Орлов П. И. "Основы конструирование" Издателство "Машиностроение", Москва 1988
- [8] Rao S. S. "The Finite element method in engineering", ISBN: 07-506-78283, Elsevier, 2004
- [9] Hartmann, F. "Structural Analysis with Finite Elements", ISBN: 978-3-540-49698-4, Springer, 2007

*CAE – Computer Aided Engineering (Компютърно интегрирано инженерство)

STRESS CONCENTRATORS RESEARCH METHODOIC USING FINITE ELEMENT METHOD - PART II

Petko NEDYALKOV

Department “Machine elements and non-metallic constructions”, Mechanical Engineering Faculty,
Technical University of Sofia, Bulgaria
e-mail: nedpetko@tu-sofia.bg

Abstract: This paper look at stress concentrators problematic at the practical view of calculation methodic witch have slight reflection in literature. In this case it is looked at simple constructive case - plate with holes, witch is used as a basis of results stability and convergence. There are analyzed results for few constructive variants following the base aim - to report an influence between constructive parameters such as hole diameter, hole center distance and hole location. The actuality of this research originates to the calculation problems for lightweightening design process witch desire to remove the material from unloaded detail partitions. There is a comparative analysis between simulation FEM results and reference book with experimental - empirical type data.

Keywords: statical stress concentration, finite element method (FEM)

ПРИНУДЕНИ, ОТ НЕРАВНОСТИТЕ НА ПЪТНОТО ПЛАТНО, ТРЕПТЕНИЯ НА ДВУОСЕН АВТОМОБИЛ С ВИСОКА ПРОХОДИМОСТ

Деян ЖЕЛЕВ

катедра „Механика”, Технически университет - София, филиал Пловдив, България

e-mail: hidro_eood@abv.bg

Резюме: Изследванията на трептенията на автомобилната техника са актуална задача. Трептенията влияят на работоспособността на водача на автомобила и на комфорта на пътуващите в него. Трептенията влияят и на динамичните натоварвания на детайлите от окачването на автомобила. В достъпната литература няма трудове, които разглеждат принудените, от неравностите на пътната повърхност, трептения на лек автомобил в пространството. Тъй като пътното платно не е гладка хоризонтална равнина, а повърхност, изменяща се по трите оси на декартовата координатна система. Векторите на силите от кинематичното смущение са разположени произволно в тримерното пространство. Стандартът ISO 2631/1-1985 изисква тримерни характеристики на трептенията които изпитват пътуващите в транспортното превозно средство. Целта на настоящата работа е да се изследват пространствените принудени трептения на двuosен автомобил с висока проходимост, които са предизвикани от движението на автомобила по пътната повърхност.

Ключови думи: принудени пространствени трептения, автомобил, неравности на пътя.

1. СМУЩЕНИЯ НА ЛЕК АВТОМОБИЛ, ПОРОДЕНИ ОТ НЕРАВНОСТИ НА ПЪТНОТО ПЛАТНО

На фиг. 1 е даден динамичният модел на изследваната механична система (МС). В МС са включени 21 тела на автомобила. Те се разглеждат като идеално твърди тела. Свързани са по между си с кинематични връзки и с еластично-демпфиращи елементи. Динамичният модел на автомобила е с 50 степени на свобода и се дефинира с вектора на обобщените координати, записан във вида:

$$\mathbf{q} = [x_1 \ y_1 \ z_1 \ \theta_{X1} \ \theta_{Y1} \ \theta_{Z1} \\ x_2 \ y_2 \ z_2 \ \theta_{X2} \ \theta_{Y2} \ \theta_{Z2} \\ x_3 \ y_3 \ z_3 \ \theta_{X3} \ \theta_{Y3} \ \theta_{Z3} \\ \theta_{X4} \\ \theta_{X5} \ \theta_{Y5} \ \theta_{Z5} \\ \theta_{X6} \\ \theta_{X7} \ \theta_{Y7} \ \theta_{Z7} \\ \theta_{Y8} \ \theta_{Y9} \\ z_{10} \ z_{11} \ z_{12} \ z_{13} \ z_{14} \\ z_{15} \ z_{16} \ z_{17} \ z_{18} \ z_{19} \\ x_{20} \ y_{20} \ z_{20} \ \theta_{X20} \ \theta_{Y20} \ \theta_{Z20} \\ x_{21} \ y_{21} \ z_{21} \ \theta_{X21} \ \theta_{Y21} \ \theta_{Z21}]_{50 \times 1}^T$$

Профилът на пътя може да се представи или детерминирано, или статистически.

При детерминирано представяне профилът на пътя се разглежда или като неравност с вълнообразен хармоничен профил, или като единична неравност, която има дължина, височина, форма и честота на повторение. Тъй като радиусът на колелото на автомобила е значително по-голям от височините на неравностите на пътя и еластичната деформация на гумата изглажда неравностите, профилът на последните може да се представи чрез синусоида (фиг.2) [Смирнов, Г.А. 1981]. За текуща координата x на пътя уравнението на профила на неравността е равно на:

$$q = q_0 \left[1 - \cos \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{x}{s} \right) \right] \quad (2)$$

където s е дължина на неравността, q_0 е амплитудата на неравността.

При равномерно движение на автомобила със скорост v изменатият от автомобила път е равен на:

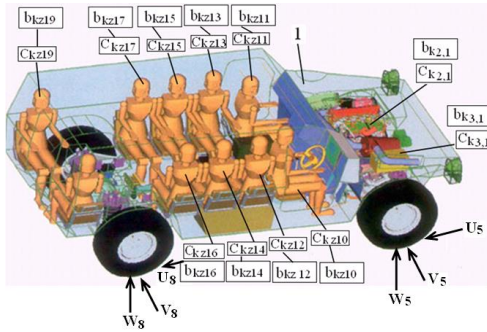
$$x = v \cdot t \quad (3)$$

Като заместим с (3) в (2) за текущата височина на неравността се получава:

$$q = q_0 \left[1 - \cos \left(2\pi \cdot \frac{v}{s} \cdot t \right) \right] = q_0 \cdot (1 - \cos(\eta \cdot t)) \quad (4)$$

където честота на кинематичното смущение е равна на:

$$\eta = 2 \cdot \pi \cdot \frac{v}{s} \quad (5)$$



Фиг. 1. Динамичен модел на двусония автомобил

Профилът на единична неравност може да се представи с полуълна на синусоида с уравнението:

$$q = 2 \cdot q_0 \cdot \sin(\eta \cdot t), \quad 0 \leq \eta \cdot t \leq \pi \quad (6)$$

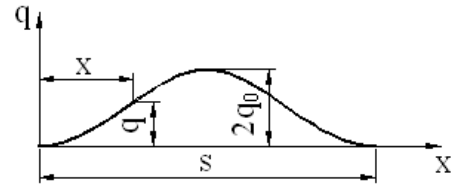
или с времето за преминаване на неравността

$$t = \frac{2\pi}{\eta}$$

Ефектът от преминаване през две до четири единични неравности, разположени близо една до друга, се свежда до действието на микропрофил с вълнообразен характер, което може да бъде описано чрез хармонична функция.

Статистически профилът на пътя се представя чрез спектралната плътност на ординатите на неравностите, която се изчислява с корелационна функция. Последната характеризира изменението на ординатите на неравностите по дължината на пътя. Спектралната плътност на дисперсия характеризира честотата на повтаряне на дължините на неравностите. Аргумент на спектралната плътност е честотата на неравностите на пътя θ

$$\theta = \frac{2 \cdot \pi}{S}$$



Фиг. 2 Профил на неравност на пътя

Взаимната връзка между корелационната функция $R_q(x_s)$ и спектралната плътност на дисперсията $S_q(\theta)$ са преобразуване на Фурие [Ангелов и др. 1985]:

$$R_q(x_s) = 2 \int_0^{\infty} S_q(\theta) \cdot \cos \theta x_s \cdot d\theta; \quad (9)$$

$$S_q(\theta) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} R_q(x_s) \cdot \cos \theta x_s \cdot dx_s$$

Нормираната стойност на корелационната функция $R_q^*(x_s)$ и спектралната плътност $S_q^*(\theta)$ са равни на:

$$R_q^*(x_s) = \frac{R_q(x_s)}{q_c^2}; \quad (10)$$

$$S_q^*(\theta) = \frac{S_q(\theta)}{q_c^2}$$

(7)където q_c^2 е дисперсия.

В общия случай кинематичното смущение е пространствено [Ангелов 2012]. То може да бъде детерминирано или недетерминирано съответно във вида:

$$\delta_{kl} = \text{Re} \left\{ \delta_{kl}^* \exp(i \cdot P_k^* \cdot t) \right\} \quad (11)$$

където P_k^* е честота на смущението, δ_{kl}^* е вектор на амплитудите на неравностите;

$$\delta_{kl}^* = [u_{kl} \quad v_{kl} \quad w_{kl}]^T, \quad 1=5,7,8,9 \quad (12)$$

където u_{kl}, v_{kl}, w_{kl} са три взаимно перпендикулярни смущения от неравностите на пътя.

2. ДИФЕРЕНЦИАЛНИ УРАВНЕНИЯ НА ПРИНУДЕНИТЕ ТРЕПТЕНИЯ

(8) При малки трептения около устойчиво равновесно положение системата диференциални уравнения на принудените, от неравностите на пътното платно, има вида:

$$\mathbf{M}_{(50 \times 50)} \ddot{\mathbf{q}}_{(50 \times 1)} + \mathbf{B}_{(50 \times 50)} \dot{\mathbf{q}}_{(50 \times 1)} + \mathbf{C}_{(50 \times 50)} \mathbf{q}_{(50 \times 1)} = \mathbf{Q}_{(50 \times 1)} \quad (13)$$

където: $\mathbf{M}_{(50 \times 50)}$, $\mathbf{C}_{(50 \times 50)}$ са матрици съответно на масите и на еластичните коефициенти на механичната система, дефинирани в [Ангелов и др. 2012]; $\mathbf{B}_{(50 \times 50)}$ е матрица на демпфиращите свойства на механичната система, дефинирана в [Бачев и др. 2012]; \mathbf{Q} е смущаваща обобщена сила от неравностите на пътя.

Векторът на обобщената смущаваща сила \mathbf{Q} е равна на:

$$\mathbf{Q} = [0]_{(19 \times 1)}^T$$

$$[(i \cdot \mathbf{P}_k^* \cdot \tilde{\mathbf{B}}^{(1)} + \tilde{\mathbf{C}}^{(1)}) \delta_{k5}^*]_{(3 \times 1)}^T [0]$$

$$[(i \cdot \mathbf{P}_k^* \cdot \tilde{\mathbf{B}}^{(1)} + \tilde{\mathbf{C}}^{(1)}) \delta_{k7}^*]_{(3 \times 1)}^T$$

$$[(i \cdot \mathbf{P}_k^* \cdot \tilde{\mathbf{B}}^{(1)} + \tilde{\mathbf{C}}^{(1)}) \delta_{k8}^*]_{(3 \times 1)}^T$$

$$[(i \cdot \mathbf{P}_k^* \cdot \tilde{\mathbf{B}}^{(1)} + \tilde{\mathbf{C}}^{(1)}) \delta_{k9}^*]_{(2 \times 1)}^T [0]_{(50 \times 1)}^T$$

Решението на системата диференциални уравнения (12) при начални условия $t = 0$, $\mathbf{q}(0) = \mathbf{q}_0$, $\dot{\mathbf{q}}(0) = \dot{\mathbf{q}}_0$ има вида:

$$\mathbf{q}(t) = \sum_{r=1}^{50} \frac{2}{g_r^2 + h_r^2} \begin{bmatrix} \mathbf{G}_r \mathbf{M} \dot{\mathbf{q}}(0) + \\ (-\alpha_r \mathbf{G}_r \mathbf{M} + \\ \beta_r \mathbf{H}_r \mathbf{M} + \\ \mathbf{G}_r \mathbf{B} \end{bmatrix} \cdot \mathbf{q}(0)$$

$$e^{-\alpha_r t} \cdot \cos \beta_r t +$$

$$\sum_{r=1}^{50} \frac{2}{g_r^2 + h_r^2} \begin{bmatrix} \mathbf{H}_r \mathbf{M} \dot{\mathbf{q}}(0) + \\ (-\alpha_r \mathbf{H}_r \mathbf{M} - \\ \beta_r \mathbf{G}_r \mathbf{M} + \\ \mathbf{H}_r \mathbf{B} \end{bmatrix} \cdot \mathbf{q}(0)$$

$$e^{-\alpha_r t} \cdot \sin \beta_r t +$$

$$\operatorname{Re} \left\{ \sum_{l=1}^n \sum_{r=1}^{50} \frac{2}{g_r^2 + h_r^2} \frac{\alpha_r \mathbf{G}_r + \beta_r \mathbf{H}_r + i \mathbf{P}_k^* \mathbf{G}_r}{\omega_r^2 - \mathbf{P}_k^{*2} + 2i \sigma_r \omega_r \mathbf{P}_k^*} \cdot \mathbf{Q}_{kl}^* e^{i \mathbf{P}_k^* t} \right\} \quad (15)$$

където:

$$g_r = -2\alpha_r (\mathbf{V}_r^T \cdot \mathbf{M} \mathbf{V}_r - \mathbf{W}_r^T \cdot \mathbf{M} \mathbf{W}_r) - 4\beta_r \mathbf{V}_r^T \cdot \mathbf{M} \mathbf{W}_r +$$

$$+ \mathbf{V}_r^T \cdot \mathbf{B} \mathbf{V}_r - \mathbf{W}_r^T \cdot \mathbf{B} \mathbf{W}_r;$$

$$h_r = 2\beta_r (\mathbf{V}_r^T \cdot \mathbf{M} \mathbf{V}_r - \mathbf{W}_r^T \cdot \mathbf{M} \mathbf{W}_r) - 4\alpha_r \mathbf{V}_r^T \cdot \mathbf{M} \mathbf{W}_r +$$

$$+ 2\mathbf{V}_r^T \cdot \mathbf{B} \mathbf{W}_r;$$

$$\mathbf{G}_r = g_r \cdot \mathbf{L}_r + h_r \cdot \mathbf{R}_r;$$

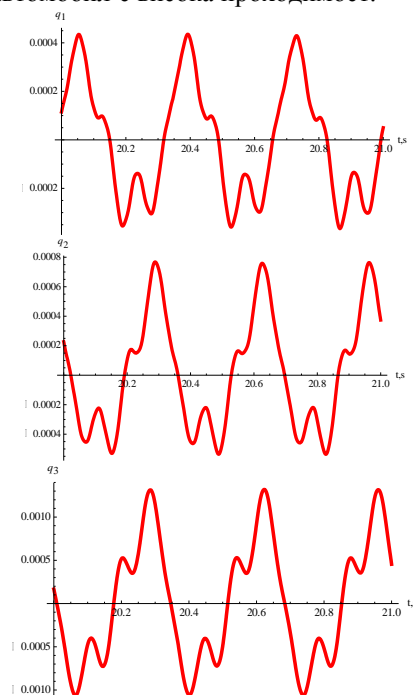
$$\mathbf{L}_r = \mathbf{V}_r \cdot \mathbf{V}_r^T - \mathbf{W}_r \cdot \mathbf{W}_r^T;$$

$$\mathbf{H}_r = h_r \cdot \mathbf{L}_r - g_r \cdot \mathbf{R}_r;$$

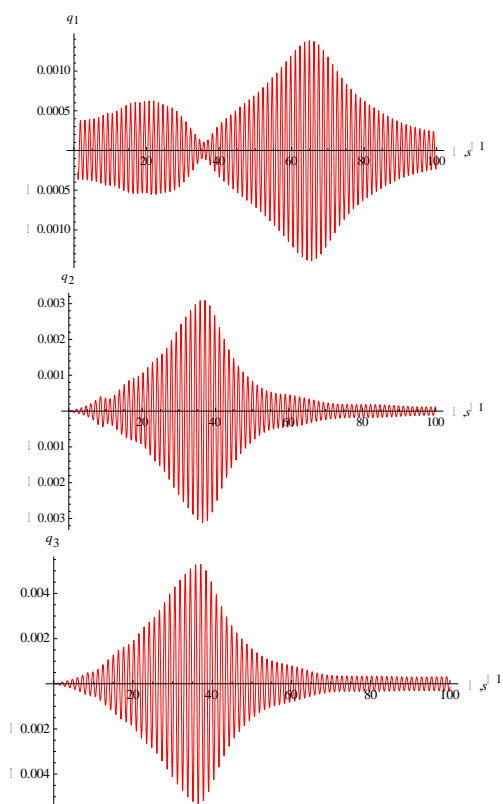
$$\mathbf{R}_r = \mathbf{V}_r \cdot \mathbf{W}_r^T + \mathbf{W}_r \cdot \mathbf{V}_r^T.$$

3. РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗЧИСЛЕНИЯТА НА ПРИНУДЕНИ, ОТ НЕРАВНОСТИТЕ НА ПЪТНОТО ПЛАТНО, ТРЕПТЕНИЯ НА ДВУОСЕН АВТОМОБИЛ С ВИСОКА ПРОХОДИМОСТ (14)

На фиг.3 и фиг. 4 в графичен вид са представени получените резултати на принудени, от неравностите на пътното платно, трептения на двуосен автомобил с висока проходимост.



фиг. 3 Амплитуди на принудените, от неравностите на пътната повърхност трептения на двуосен автомобил с висока проходимост за първите три обобщени координати



Фиг. 4 АЧХ на принудените, от неравностите на пътната повърхност трептения на двусен автомобил с висока проходимост за първите три обобщени координати

4.ИЗВОДИ

Изследвани са принудените, от неравностите на пътната повърхност, трептения на двусен автомобил с висока проходимост. Изведена е системата диференциални уравнения на принудените трептения. Дадено е аналитично решение. За параметри на реален автомобил са представени резултатите от изчисленията на принудените, от неравностите на пътната повърхност, трептения на двусен автомобил с висока проходимост.

Литература

1. **Ангелов, Ил.** Матрично моделиране в 3D пространството на кинематиката, динамиката и трептенията на механични модули и многомасови системи. Дисертация за получаване на научна степен д.т.н. ТУ-София, 2000.
2. **Ангелов, Ил.** Матрична теория на вибрациите в техниката. София 2012.
3. **Смирнов, Г.А.** Теория движения колесных машин. М., “Машиностроение”, 1981.
4. ISO 2631/1-1985. Evaluations of Human Exposure to Whole-body Vibration – Part 1: General Requirements. Part 3: Evaluation of exposure to whole-body z-axis vertical vibration in the frequency range 0,1 to 0,63 Hz

FORCED, FROM ROUGHNESS OF THE ROADWAY, VIBRATIONS OF TWO-AXLE OFF-ROAD VEHICLES

Deyan ZHELEV

Abstract: The Studies of the oscillations of automotive engineering are actual task. The vibrations affect the efficiency of the driver of the car and the comfort of passengers. Oscillations influence the dynamic loads of the details of the suspension of the car. In the available literature does not work, dealing with coercion by uneven road povathnost, vibrations of a car in the space. As the roadway is smooth horizontal plane and surface, changing the three axes of the Cartesian coordinate system. Vectors of the forces of disorder kinematics are randomly placed in three-dimensional space. The ISO 2631 / 1-1985 requires three-dimensional characteristics of vibration experienced by occupants in transport vehicles. The aim of this work was to investigate the spatial forced vibrations of two-axle road vehicle, which are caused by the movement of the car on the road surface.

Keywords: Forced vibrations, roughness of the roadway, off-road vehicles

МАТЕМАТИЧНО МОДЕЛИРАНЕ И СИНТЕЗ НА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ХИДРАВЛИЧНО ЗАДВИЖВАН ПОДЕМЕН МЕХАНИЗЪМ

Росен МИТРЕВ

катедра „Инженерна логистика, подемно-транспортна и строителна техника”,

Технически университет - София, България

e-mail: rosenm@tu-sofia.bg

Резюме: В работата е предложен математичен модел и система за управление на хидравлично задвижван подемен механизъм. В разработения двумасов динамичен модел с две степени на свобода се отчита наличието на хидравлична трансмисия, предаваща движението на електродвигателя към барабана на подемния механизъм. Моделът е верифициран чрез сравнение с резултати от симулацията на класически едномасов динамичен модел на подемен механизъм. Извършените изследвания показват значително вибрационно натоварване на елементите на механизма и товара вследствие е на еластичността на работния флуид и елементите на хидравличната система, а също така и от вида на механичната характеристика на електродвигателя. Предложената система за управление позволява задвижване на ротора на помпата по определен закон, реализиращ предварително зададени кинематични характеристики на движението на товара.

Ключови думи: товароподемен механизъм, хидравлично задвижване, система за управление

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Подемните механизми са устройства, които широко се използват в машини с общо или специализирано предназначение – подемно - транспортни, пътно-строителни, минни, транспортни и др. машини. Основното им предназначение е да преместват вертикално или по наклон захванат за гъвкав елемент товар, работен орган и др. или да преодоляват работни съпротивления, възникващи при извършването на технологични операции.

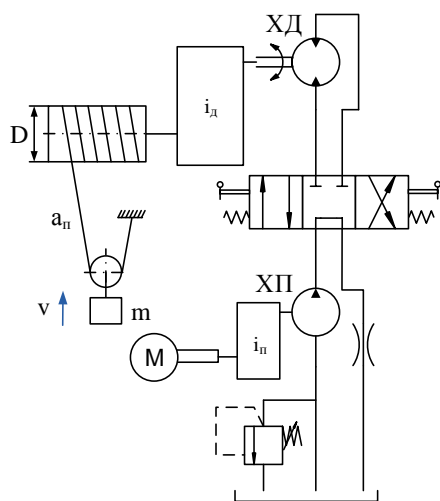
Като първични двигатели, създаващи механичната енергия в подемните механизми се използват електрически двигатели и двигатели с вътрешно горене, а трансмисията, предаваща енергията на двигателите към барабана може да бъде механична или хидравлична. Типът на подемния механизъм, параметрите на компонентите му и външните натоварвания определят кинематичното и динамичното поведение на системата. Обикновено, върху кинематичните и динамичните характеристики на товара – предимно скорости, ускорения и вибрационно поведение, се налагат ограничения, зависещи от вида на машината и вида на товара [1].

Методите за моделиране и изследване на динамичното поведение на подемните механизми се определят предимно от вида на първичния двигател и трансмисията, като за съставяне на диференциалните уравнения се използват физи-

ческите закони, описващи процесите в съответните подсистеми на механизма. Широко разпространен подход за определяне на кинематичните и динамичните характеристики на подемните механизми е привеждането им към едномасов динамичен модел с една степен на свобода, чието поведение се описва с линейно диференциално уравнение, което обикновено има аналитично решение [1]. Известни са и динамични модели на подемни механизми с по-голям брой степени на свобода, които се решават предимно числено [2].

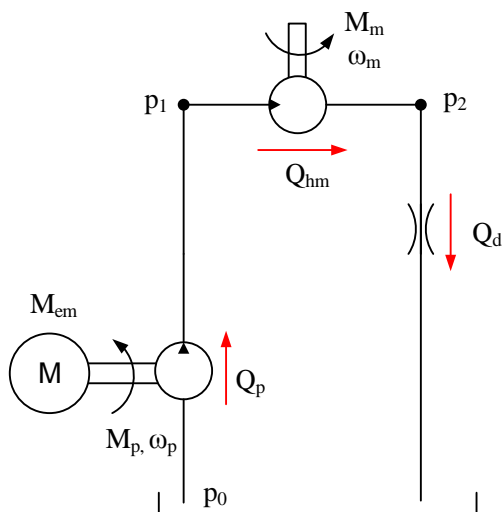
Обект на настоящото изследване е моделирането, изследването и управлението на кинематичните и динамичните характеристики на подемен механизъм с електрическо задвижване и хидравлична трансмисия. Такава комбинация има широко приложение поради редица предимства [1,4,6].

На фиг.1 е показана принципната схема на подемния механизъм, състояща се от механична и хидравлична подсистеми. Товарът с маса m е окачен на гъвкав елемент, който се навива на барабан с диаметър D , задвижван от хидродвигател ХД през редуктор с предавателно число i_d . Флуидния поток от помпата ХП се подава към едната или другата камера на хидродвигателя чрез хидравличния разпределител. Помпата се задвижва от електродвигател М чрез съгласуващ редуктор предавателно число i_n .



фиг.1 Принципна схема на хидравлично задвижван подемен механизъм

При работата на подемния механизъм могат да бъдат разгледани няколко случая, които представляват интерес за изследване. На фиг.2 е показана схема на хидравличната подсистема, върху която са означени кинематичните и силовите параметри в случая на потегляне нагоре при напълно отворен разпределител и развъртане на електродвигателя по механичната му характеристика. В хидравличната схема са пренебрегнати хидравличните съпротивления в тръбопроводите и в хидравличния разпределител.



фиг.2 Схема на хидравличната подсистема

2. МАТЕМАТИЧЕН МОДЕЛ НА ПОДЕМНИЯ МЕХАНИЗЪМ

Механичната система се представя чрез ротационен двумасов динамичен модел с две степени на свобода. Маса 1 се характеризира с приведен масов инерционен момент J_p , който представлява сума от приведените към ротора на помпата масови инерционни моменти на електродвигателя, съгласуващия редуктор и ротора на помпата. Маса 2 има масов инерционен момент J_m , състоящ се от сумата от приведените към ротора на хидродвигателя масови инерционни моменти на товара, редуктора, ротора на хидродвигателя и останалите свързани с тях елементи.

Уравнението на движение на приведената маса 1 се съставя въз основа на закона на Нютон и с отчитане на параметрите на хидравличната помпа в общ вид се записва чрез следното диференциално уравнение:

$$J_p \dot{\omega}_p = M_{em}(\omega_p) - M_p^s(\omega_p, p_1) - M_p^d(p_1) \quad (1)$$

където са въведени следните означения:

$M_{em}(\omega_p)$ - приведен към ротора на помпата въртящ момент на електродвигателя, който се задава чрез механичната му характеристика в I^{вн} квадрант, т.е в двигателен режим; $M_p^s(\omega_p, p_1)$ - съпротивителен момент на помпата, дължащ се на сухо и на вискозно триене в елементите на помпата:

$$M_p^s(\omega_p, p_1) = b_p \omega_p + \text{sign}(\omega_p) C_p^f D_p p_1 \quad (2)$$

където ω_p е ъгловата скорост на ротора на помпата; b_p - коефициент на вискозно съпротивление; D_p - геометричен обем на помпата; C_p^f - коефициент на пропорционалност, свързващ съпротивителния момент от сухо триене с момента, консумиран от помпата. Съгласно дясната част на (2) съпротивителния момент на помпата от триене нараства с увеличаване на ъгловата скорост и създаването от помпата налягане; $M_p^d(p_1) = D_p p_1$ - въртящ момент, консумиран от помпата.

Отчитайки приведените изрази за компонентите в дясната част на (а), уравнението за движение на маса 1 се записва по следния начин:

$$J_p \dot{\omega}_p = M_{em}(\omega_p) - b_p \omega_p - D_p p_1 (\text{sign}(\omega_p) C_p^f + 1) \quad (3)$$

Уравнението на движение на приведената маса 2 има следния общ вид:

$$J_m \dot{\omega}_m = M_m^d(p_1, p_2) - M_m^s(\omega_m, p_1, p_2) - M_L \quad (4)$$

където: $M_m^d(p_1, p_2) = D_m(p_1 - p_2)$ - въртящ момент, създаван от хидродвигателя;

$M_m^s(\omega_m, p_1, p_2)$ - съпротивителен момент на хидродвигателя, дължащ се на сухо и на вискозно триене в елементите на хидродвигателя;

$$M_m^s(\omega_m, p_1, p_2) = b_m \omega_m + \text{sign}(\omega_m) C_m^f D_m (p_1 - p_2) \quad (5)$$

където ω_m е ъгловата скорост на ротора на хидродвигателя; b_m - коефициент на вискозно съпротивление; D_m - геометричен обем на хидродвигателя; C_m^f - коефициент на пропорционалност, свързващ съпротивителния момента от сухо триене с момента, създаван от хидродвигателя; M_L - приведен към ротора на хидродвигателя статичен съпротивителен въртящ момент от то-вара:

$$M_L = \frac{mgD}{2ai_d \eta}$$

където D е диаметъра на барабана, m – маса на товара, a – кратност на полиспафта, i_d – предавателно число на редуктора, η – КПД на кинематичната верига между товара и хидродвигателя.

Отчитайки приведените зависимости, уравнение (4) се записва по следния начин:

$$J_m \dot{\omega}_m = D_m (p_1 - p_2) (1 - \text{sign}(\omega_m) C_m^f) - b_m \omega_m - M_L \quad (6)$$

Към получените уравнения (3) и (6) следва да се добавят и още две уравнения, дефиниращи връзката между наляганята p_1 и p_2 и останалите параметри на системата. Уравненията за наляганята в двата обема се съставят като се отчита свиваемостта на флуида и баланса на дебитите в съответните обеми [5,8,9]:

$$C_h^1 \dot{p}_1 = Q_p^{out} - Q_m^{in} \quad (7)$$

$$C_h^2 \dot{p}_2 = Q_m^{out} - Q_d \quad (8)$$

където са въведени следните означения: Q_p^{out} - изходящ дебит от помпата; Q_m^{out} - изходящ дебит от хидродвигателя; Q_m^{in} - входящ дебит от хидродвигателя; Q_d - дебит през дросела на изхода на хидродвигателя; $C_h^1 = V_1/\beta$ и $C_h^2 = V_2/\beta$ - хидравлични капацитети на двата обема, които характеризират способността на флуида да акумулира енергия; β - модул на обемна еластичност на флуида.

Изходящия дебит на помпата и входящия и изходящия дебити на хидродвигателя се дават от следните зависимости:

$$Q_p^{out} = D_p \omega_p - (c_i + c_e)(p_1 - p_0) \quad (9)$$

$$Q_m^{in} = D_m \omega_m + c_i(p_1 - p_2) + c_e(p_1 - p_0) \quad (10)$$

$$Q_m^{out} = D_m \omega_m + c_i(p_1 - p_2) - c_e(p_2 - p_0) \quad (11)$$

При извеждане на формули (9)-(11) е прието, че утечките в помпата и хидродвигателя са ламинарни и пропорционални на налягането. Чрез c_i и c_e са означени съответно коефициентите на пропорционалност между дебитите на вътрешните утечки (между камерите на помпата и камерите на хидродвигателя) и външните утечки (между камерите на помпата и хидродвигателя и външната среда). Горните линейни зависимости показват, че с увеличаване на наляганята в двата обема нарастват и обемните загуби на помпата и хидродвигателя.

Дебитът през дросела се определя по следната зависимост:

$$Q_d = C_d A \sqrt{\frac{2|p_2|}{\rho}} \text{sign}(p_2) \quad (12)$$

където чрез C_d е означен коефициента на дебита, A е сечението на дросела, ρ е плътността на флуида.

Използвайки приведените зависимости и след допълнителни преобразования, уравненията (7) и (8) се записват по следния начин:

$$\dot{p}_1 = \frac{\beta}{V_1} (D_p \omega_p - D_m \omega_m - 2(c_i + c_e)p_1 + c_i p_2) \quad (13)$$

$$\dot{p}_2 = \frac{\beta}{V_2} \left(\begin{array}{l} D_m \omega_m + c_i (p_1 - p_2) - c_e p_2 - \dots \\ \dots - C_d A \sqrt{\frac{2|p_2|}{\rho}} \text{sign}(p_2) \end{array} \right) \quad (14)$$

Така получената система нелинейни диференциални уравнения от първи ред (3), (6), (13) и (14) количествено описва поведението на хидравлично задвижвания подемен механизъм.

3. СИМУЛАЦИЯ НА ПУСКОВ РЕЖИМ ПРИ ДВИЖЕНИЕ НА ТОВАРА НАГОРЕ

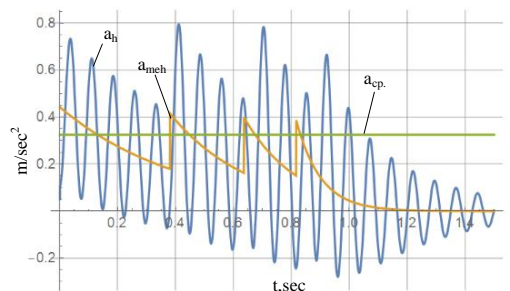
Решаването на получената система диференциални уравнения е извършено в програмен продукт, в който е реализиран числен метод за решаване на системи диференциални уравнения. На фиг.4 – фиг.8 са показани резултатите от симулацията на потегляне при движение нагоре. Прието е, че хидравличния разпределител е напълно отворен, а двигателя се пуска веднага след пълното отваряне на спирачката. Числените стойности на параметрите на системата са следните:

$J_p=3 \text{ kg.m}^2$, $J_m=1 \text{ kg.m}^2$, $b_p=b_m=0.2 \text{ Nm.s}$,
 $D_p=D_m=20 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$, $C_p^f=C_m^f=0.02$, $m=7500 \text{ kg}$,
 $g=9.81 \text{ m/s}^2$, $a=4$, $i_0=13.08$, $\eta=1$, $D=0.4 \text{ m}$,
 $\beta=1.6 \cdot 10^9$; $V_1=V_2=1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$, $c_i=1 \cdot 10^{-13}$, $c_e=1 \cdot 10^{-13}$,
 $C_d=0.62$; $A=0.004 \text{ m}^2$; $\rho=900 \text{ kg/m}^3$.

За да се извърши верификация на предложения динамичен модел е извършено сравнение на резултатите от симулацията с резултатите от симулацията на класическия едномасов динамичен модел [1] със същите динамични характеристики и при една и съща механична характеристика на двигателя. На фиг.3 са показани линейното ускорение на товара a_h , получено то предложениния модел, ускорението a_{meh} , получено от едномасовия динамичен модел и пресметнатото средно пусково ускорение a_{cp} . Както се вижда, средното ускорение на a_h съвпада с a_{meh} , т.е резултатите от двата модела съвпадат по средните стойности на кинематичните си характеристики, а разликите между тях (вибрационен характер на ускорението) идват от наличието на хидравлична подсистема в разработвания математичен модел.

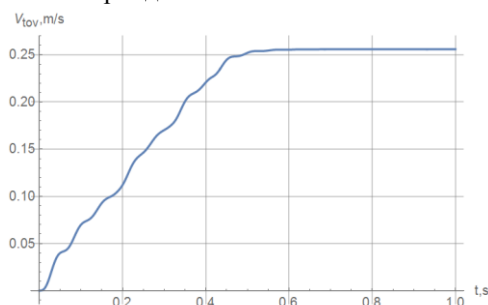
От фиг.4 се вижда, че при зададените стойности на параметрите на системата скоростта достига установената си стойност 0.26 m/s след

около 0.45s, т.е средната стойност на пусковото ускорение е около 0.55 m/s^2 , което се вижда и от фиг.5, на която е показано линейното ускорение на товара.

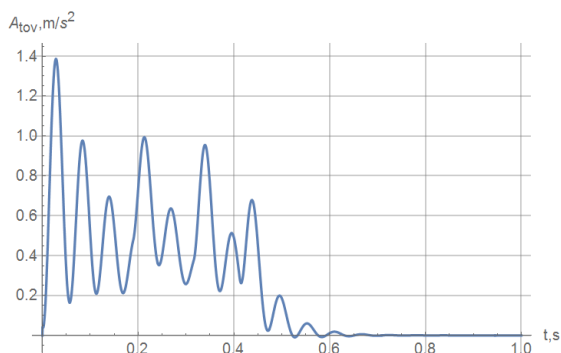


Фиг.3 Ускорения на товара, получени от симулацията на предложениия и класическия едномасов динамичен модел

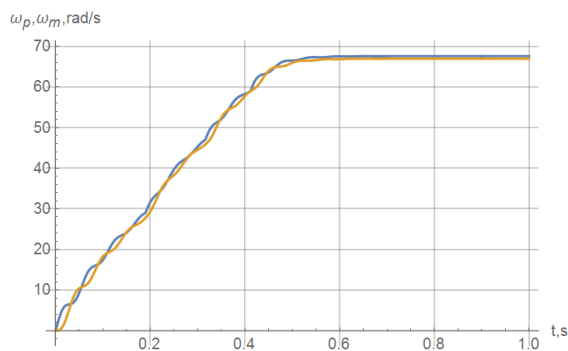
Вижда се, че ускорението има вибрационен характер с пикови стойности, които неколккратно надвишават средното пусково ускорение – до 1.4 m/s^2 в началото и около 1 m/s^2 през останалата част от пусковия период. Тези пикове в ускорението на товара се дължат както на свиваемостта на флуида и еластичността на елементите на хидравличната система, така и на периодичния характер на въртящия момент на двигателя в пусковия период (фиг.6). Пиковете на ускорението съвпадат с моментите на преминаване от една реостатна пускова характеристика на двигателя към друга. Свиваемостта на флуида и промяната на въртящия момент на електродвигателя са причина и за силни вариации в магистралата с високо налягане p_1 (фиг.7) – при установена стойност на налягането около 16 МРа, пиковете на налягането достигат 28-32 МРа през пусковия период.



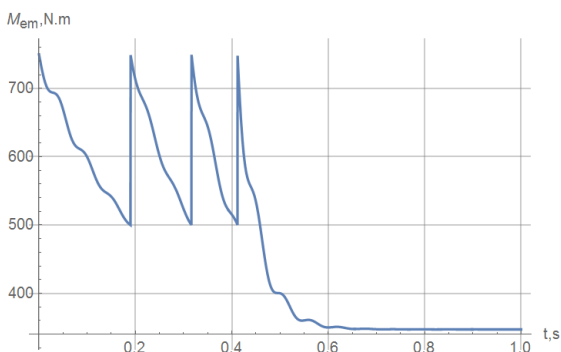
Фиг.4 Закон за изменение на линейната скорост на движение на товара



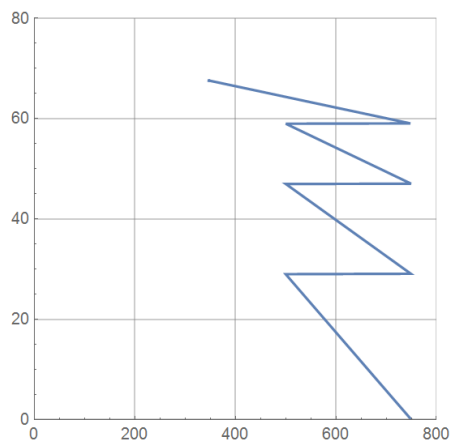
фиг.5 Закон за изменение на линейното ускорение на товара



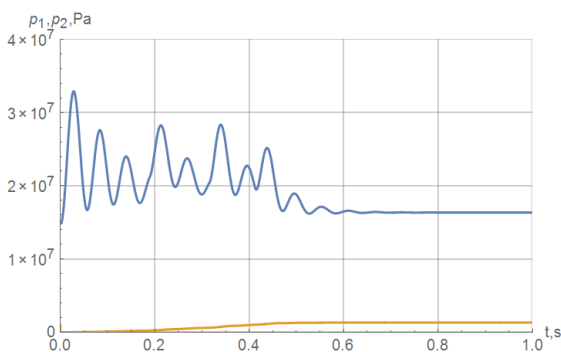
фиг.8 Закони за изменение на ъгловите скорости ω_p и ω_m



фиг.6 Закон за изменение на въртящия момент на електродвигателя



фиг.9 Механична характеристика на електродвигателя



фиг.7 Закони за изменение на наляганията p_1 и p_2 в системата

На фиг.9 е показана използваната в симулацията приведена механична характеристика на електродвигателя с навит ротор, работещ в двигателен режим.

Вибрационният характер на ускорението и налягането оказва негативно влияние както върху товара, така и върху елементите на подемния механизъм и хидравличната система. Характеристиките на системата могат да бъдат променени чрез запазване на същата структура на механизма, но с промяна на параметрите на елементите на системата – класическото добавяне на маховик към бързовъртящите се елементи, избор на електродвигател с други характеристики, промяна на конструкцията на хидравличната система и др. Един възможен подход, който е разработен подробно в статията, е подобряване на динамичните характеристики на системата чрез използване на система за автоматично управление. Основно задача в този случай е предварително задаване на закон на движение на товара, удовлетворяващ

предварително зададените кинематични и динамични параметри, отклонението от който ще се компенсира от системата за управление.

4. СИНТЕЗ НА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ПОДЕМНИЯ МЕХАНИЗЪМ

4.1 Линеаризация на системата диференциални уравнения

За да се синтезира линейна система за уравнение е необходимо да се извърши линеаризация на нелинейната система диференциални уравнения (3), (6), (13) и (14). При предположение, че ъгловите скорости ω_p и ω_m не променят знака си и са положителни, което за разглеждания пусков режим при движение нагоре е изпълнено, уравненията за движение на двете маси се записват по следния начин:

$$J_p \dot{\omega}_p = M_{em}(\omega_p) - b_p \omega_p - D_p p_1 (C_p^f + 1) \quad (15)$$

$$J_m \dot{\omega}_m = D_m (p_1 - p_2) (1 - C_m^f) - b_m \omega_m - M_L \quad (16)$$

Изразът за дебита през дросела се линеаризира чрез разлагане в ред на Тейлър около точката на установената стойност на налягането p_{20} :

$$Q_d = C_d A \sqrt{\frac{2|p_2|}{\rho}} \text{sign}(p_2) \approx k_1 + k_2 p_2$$

където: $k_1 = C_d A \sqrt{\frac{p_{20}}{2\rho}}$ и $k_2 = \frac{k_1}{p_{20}}$. При така из-

вършената линеаризация, уравненията за двете налягания придобиват следния вид:

$$\dot{p}_1 = \frac{\beta}{V_1} (D_p \omega_p - D_m \omega_m - 2(c_i + c_e) p_1 + c_i p_2) \quad (17)$$

$$\dot{p}_2 = \frac{\beta}{V_2} (D_m \omega_m + c_i (p_1 - p_2) - c_e p_2 - k_1 - k_2 p_2) \quad (18)$$

Линейната система ДУ се описва в пространството на състоянията чрез уравненията [7]:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}\mathbf{u}$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{C}\mathbf{x} + \mathbf{D}\mathbf{u}$$

където \mathbf{x} е вектора на състоянието на системата:

$$\mathbf{x} = [\omega_p \quad \omega_m \quad p_1 \quad p_2]^T$$

а \mathbf{u} е вектор на входните въздействия:

$$\mathbf{u} = [M_{em} \quad M_L \quad k_1]^T$$

и \mathbf{y} – вектор на изходните въздействия.

За разглежданата система матриците \mathbf{A} , \mathbf{B} , \mathbf{C} и \mathbf{D} имат следния вид:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{A} & \mathbf{B} \\ \mathbf{C} & \mathbf{D} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{b_p}{J_p} & 0 & -\frac{(1+C_p^f)D_p}{J_p} & 0 & \vdots & \frac{1}{J_p} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{b_m}{J_m} & \frac{D_m(1-C_m^f)}{J_m} & \frac{(C_m^f-1)D_m}{J_m} & \vdots & 0 & -\frac{1}{J_m} & 0 \\ \frac{D_p\beta}{V_1} & \frac{D_m\beta}{V_1} & -\frac{2(c_e+c_i)\beta}{V_1} & \frac{c_i\beta}{V_1} & \vdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{D_m\beta}{V_2} & \frac{c_i\beta}{V_2} & -\frac{(c_e+c_i+k_2)\beta}{V_2} & \vdots & 0 & 0 & -\frac{\beta}{V_2} \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & \vdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & \vdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \vdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \vdots & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Проверката за управляемост на системата се извършва като се определя ранга на матрицата на управляемост на системата [3,7]:

$$\mathbf{Co} = [\mathbf{B}, \mathbf{A}\mathbf{B}, \mathbf{A}^2\mathbf{B}, \dots, \mathbf{A}^3\mathbf{B}]$$

Проверката показва, че $\text{rankCo} = 2 \neq 4$, което означава, че системата не е напълно управляема, т.е. чрез управляващото въздействие не може напълно да се влияе върху вектора на състоянието.

4.2 Синтез на система за управление чрез управление на една подсистема

Една възможност за реализация на система за управление на подемния механизъм е да се управлява само подсистемата, състояща се от електродвигателя и помпата, което ще доведе до редуциране на размера на вектора на състоянието на системата. В този случай чрез задаване на подходящи закон за развъртане на ротора на двигателя (програмно движение с определени кинематични характеристики) може да се влияе върху кинематичните, динамичните и хидравличните параметри на останалата част от системата и по-специално на линейното ускорение на товара. В този случай, проверките за управляемост и устойчивост на системата са изпълнени. Възможна е реализацията на различни видове управление, като в настоящата работа е избрано управление, което съдържа обратна връзка по състояние и интеграл от отклонението от зададения закон на развъртане на ротора на електродвигателя [3,8].

Описанието в пространството на състоянията на подсистемата, състояща се от помпа (т.е. маса 1), към която е приложен момент от електродвигателя има следния вид:

$$\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{x}}_p \\ \dot{\zeta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_p & \mathbf{0} \\ -\mathbf{C}_p & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x}_p \\ \zeta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{B}_p \\ 0 \end{bmatrix} u(t) + \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ 1 \end{bmatrix} r(t) + \begin{bmatrix} \mathbf{G} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (19)$$

където допълнителната променлива на състоянието ζ има вида $\zeta = \int (r(t) - \omega_p) dt$, а закона за управление е $u(t) = -k\omega_p + k_i\zeta$. Матриците в (19)

имат следния вид: $\mathbf{A}_p = \begin{bmatrix} -\frac{b_p}{J_p} \end{bmatrix}$, $\mathbf{B}_p = \begin{bmatrix} 1 \\ J_p \end{bmatrix}$,

$\mathbf{C}_p = [1]$, $\mathbf{D}_p = [0]$, $\mathbf{G} = -D_p p_1 (C_p^f + 1)$, а вектора на състоянието е $\mathbf{x}_p = [\omega_p]$. Законът за развъртане на ротора на помпата, т.е. закона на програмното движение, е означен чрез $r(t)$. Ако израза за закона за управление се замести в (19), то динамичните уравнения на затворената с обратна връзка система придобиват следния вид:

$$\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{x}}_p \\ \dot{\zeta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_p - \mathbf{B}_p k & \mathbf{B}_p k_i \\ -\mathbf{C}_p & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x}_p \\ \zeta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ 1 \end{bmatrix} r(t) + \begin{bmatrix} \mathbf{G} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (20)$$

За да се определят коефициентите на обратната връзка така, че полюсите на затворената система (20) да са равни на зададените чрез характеристичното уравнение $s^2 + 2as + a^2 = 0$, се формират матриците

$$\hat{\mathbf{A}}_p = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_p & \mathbf{0} \\ -\mathbf{C}_p & 0 \end{bmatrix}, \hat{\mathbf{B}}_p = \begin{bmatrix} \mathbf{B}_p \\ 0 \end{bmatrix} \text{ и } \hat{\mathbf{K}} = [k, -k_i]$$

Тогава чрез уравнението

$$|s\mathbf{I} - \hat{\mathbf{A}}_p + \hat{\mathbf{B}}_p \hat{\mathbf{K}}| = s^2 + 2as + a^2 \quad (21)$$

и директно приравняване на коефициентите пред съответните степени се получава

$$k = 2a - \frac{b_p}{J_p} \quad (22)$$

$$k_i = a^2$$

Законът за развъртане на ротора на помпата $\omega_p(t)$ определя максималното пусково ускорение при пускане на подемния механизъм. Използването на полином от пета степен

$$r(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + a_5 t^5 \quad (23)$$

дава възможност да се зададат ъгловите скорост, ускорение и първа производна на ускорението на ротора на помпата в началото и края на пусковия период, като коефициентите на полинома да се определят чрез решаване на следната система линейни уравнения:

$$\mathbf{A} = \mathbf{P}^{-1} \mathbf{V} \quad (24)$$

където: $\mathbf{A} = [a_0 \ a_1 \ a_2 \ a_3 \ a_4 \ a_5]^T$,

$$\mathbf{V} = [\omega_p^0 \ \varepsilon_p^0 \ j_p^0 \ \omega_p^f \ \varepsilon_p^f \ j_p^f]^T,$$

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} 1 & t_0 & t_0^2 & t_0^3 & t_0^4 & t_0^5 \\ 0 & 1 & 2t_0 & 3t_0^2 & 4t_0^3 & 5t_0^4 \\ 0 & 0 & 2 & 6t_0 & 12t_0^2 & 20t_0^3 \\ 1 & t_f & t_f^2 & t_f^3 & t_f^4 & t_f^5 \\ 0 & 1 & 2t_f & 3t_f^2 & 4t_f^3 & 5t_f^4 \\ 0 & 0 & 2 & 6t_f & 12t_f^2 & 20t_f^3 \end{bmatrix}$$

и a_0 - a_5 са коефициентите на полинома; $\omega_p^0, \varepsilon_p^0, j_p^0, \omega_p^f, \varepsilon_p^f, j_p^f$ са съответно ъгловата скорост, ъгловото ускорение и първата производна на ъгловото ускорение в началото (горен индекс 0) и в края (горен индекс f) на периода на развъртане на ротора на помпата; t_0 – начален момент от време на периода на развъртане; t_f – краен момент от време на периода на развъртане. След заместване на нулеви стойности за $\omega_p^0, \varepsilon_p^0, j_p^0, \varepsilon_p^f, j_p^f$ и t_0 в (23), полинома придобива следния вид:

$$r(t) = 30 \frac{t^2 \omega_p^f}{t_f^3} \left(\frac{t^2}{t_f^2} - 2 \frac{t}{t_f} + 1 \right) \quad (25)$$

Максималната стойност на ъгловото ускорение се получава като производната на (25) се приравни на нула, след което се получава:

$$\varepsilon_p^{\max} = \frac{15\omega_p^f}{8t_f} \text{ при } t = \frac{t_f}{2} \quad (26)$$

а респективно максималното линейно ускорение на товара е

$$a_{\max} = z \varepsilon_p^{\max} = z \frac{15\omega_p^f}{8t_f} \quad (27)$$

където $z = \frac{D}{2a_n i_d}$, a_n - кратност на полиспаста.

При проектирането на товароподемния механизъм се задава максимално допустимото ускорение $[a_{\max}]$ съгласно препоръките [1], след което от (27) се определя времето, за което трябва да се извърши развъртането на ротора на електродвигателя:

$$t_f = z \frac{15\omega_p^f}{8[a_{\max}]} \quad (28)$$

Получената стойност на t_f заедно със зададената стойност за ъгловата скорост на ротора на електродвигателя в края на периода на развъртане ω_p^f се използват в (25) за дефиниране на закона за развъртане на ротора на електродвигателя.

4.3 Резултати от симулацията на синтезираната система за управление

Системата диференциални уравнения (20), която описва поведението на затворената система с астатично управление е решена числено в Simulink при числени стойности на параметрите

от т.3 и пресметнати по (22) $k=5.10^4, k_i=6.25.10^8$ при $a=25000$. При зададена стойност $[a_{\max}] = 0.23 \text{ m/s}^2$, времето за достигане до номинални обороти, пресметнато по (28) е $t_f \approx 2 \text{ sec}$ $\omega_p^f = 64 \text{ rad/sec}$. Конкретния вид на програмното движение се получава чрез заместване на числените стойности в (25).

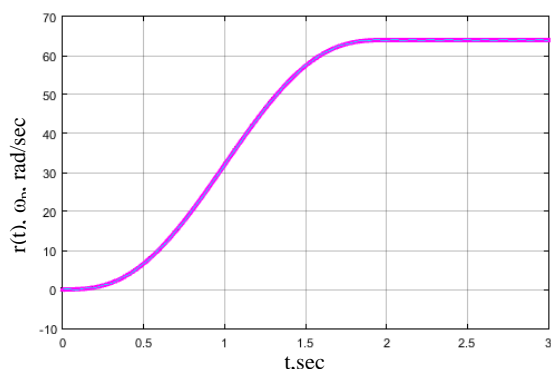
На фиг.10 са показани зададеното програмно движение и фактически реализирания закон на движение на ротора на помпата. Вижда се, че те с голяма точност съвпадат, като от фиг.11 се вижда, че за период от 3sec. максималните разлики между тях Δ са от порядъка на 0.15 rad/sec в началото на симулацията, след което намаляват. От фиг.12 се вижда, че средната стойност на ускорението на товара a_{lin} съвпада с програмното ускорение a_{ref} , но има вибрационен характер поради еластичността на работния флуид.

На фиг.13 са показани законите за изменение на наляганята в системата. Закона за изменение на налягането на изхода на помпата и на входа на хидродвигателя p_1 се определя от програмното ускорение, а големите пикове, съществуващи при развъртане по механичната характеристика на двигателя (фиг.7) не съществуват – максималното налягане е намаляло от 32 Мра в неуправляемата система до 22 Мра в управляемата. Очевидно е, че големината на максималното налягане зависи от големината на зададеното максимално ускорение, което трябва да се вземе предвид при проектирането на системата.

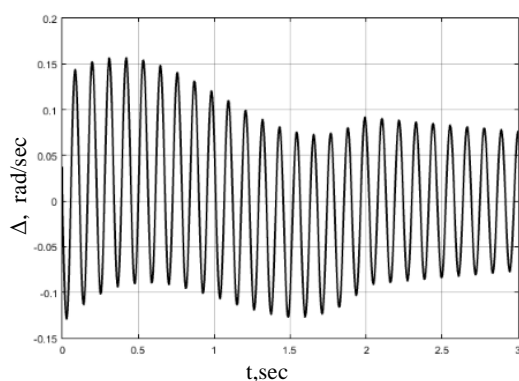
5. ИЗВОДИ

Предложеният двумасов математичен модел на хидравлично задвижван подемен механизъм позволява изследване на влиянието на кинематичните и динамичните характеристики на компонентите на системата върху характеристиките на движението на товара. Получените резултати показват, че в подемния механизъм е налице вибрационен характер на ускорението на товара, причинен както от еластичността на флуида и елементите на хидравличната трансмисия, така и от механичната характеристика на електродвигателя. Използването на система за управление дори и на една подсистема на подемния механизъм позволява да се влияе върху параметрите на

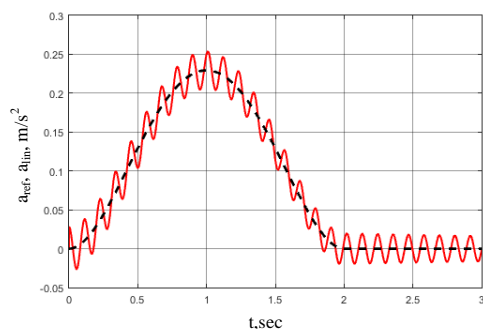
цялата система в благоприятно направление, като се реализират предварително зададени кинематични характеристики на движението на товара.



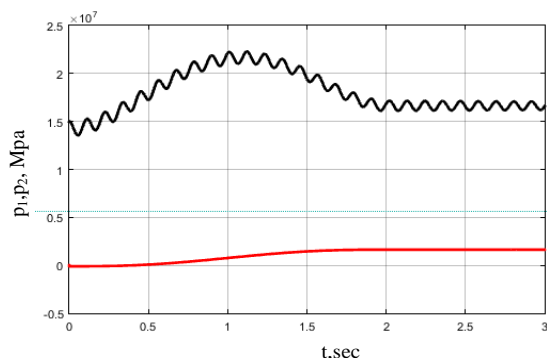
фиг.10 Програмно движение $r(t)$ и ъглова скорост на ротора на помпата ω_p



фиг.11 Разлика Δ между програмното движение и ъгловата скорост на ротора на помпата



фиг.12 Програмно линейно ускорение a_{ref} и реално линейно ускорение a_{lim} на товара



фиг.13 Закопи за изменение на наляганията p_1 и p_2 в системата

Литература

1. Дивизиев В. Основи на товароподемните машини. София, Техника, 1986г.
2. Турганев Д. Анализ трехмассовой механической системы для безредукторного привода лифтовой лебедки. Электротехнические комплексы и системы управления № 1/2012
3. Петров П. Управление на движенията в мехатронни системи, и-во Пропелер, София, 2014.
4. Ашеулов А. Методология проектирования гидравлических подъемных механизмов разводных мостов. Дисертация за присъждане на научна степен дтн, Санкт-Петербург, 2007г.
5. Blackburn J., Reethof G., Shearer J. Fluid power control, Joh Wiley and Sons, New York, 1960.
6. Yang F. Hydraulic control systems design. Lanzhou University Press, 2004.
7. Goodwin G, Graebe S. Salgado M. Control system design, Valparaiso, 2000.
8. Sun H., Aschemann H. Sliding-Mode Control of a Hydrostatic Drive Train with Uncertain Actuator Dynamics, European control conference 2013, Zurich, Switzerland.
9. Gordic D., Babic M., Jovicic N. Modelling of spool position feedback servovalves, International journal of fluid Power 5 (2004), № 1.

ВИДОВЕ СХЕМИ ЗА СЕРТИФИКАЦИЯ НА ПРОДУКТИ

Боряна ИЛИЕВА

Технически университет - София, България

e-mail: bilieva@tu-sofia.bg

Резюме: Сертификацията на продукти представлява оценяване и атестация от трета независима страна, чрез което се удостоверява, че изпълнението на определените изисквания е доказано. Сертификацията на продукти се извършва от органи за сертификация на продукти, които трябва да съответстват на ISO/IEC 17065. Конкретните изисквания за продуктите се съдържат обикновено в стандарти или в други нормативни документи. Сертификацията на продукти е официално установена дейност по оценяване на съответствието, предоставяща доверие в потребителите, държавните органи, индустрията и другите заинтересовани страни, че продуктите удовлетворяват определени изисквания, включващи характеристики за безопасност на продукта, оперативна съвместимост и устойчивост.

Ключови думи: сертификация, оценяване на съответствие, надзор, схема

1. УВОД

Сертификацията на продукти улеснява търговията, свободния достъп до пазари, честната конкуренция и приемането на продуктите от потребителите на национално, регионално и международно ниво.

Схеми за сертификация на продукти
При схемите за сертификация на продукти се препоръчва се да се прилага функционалният подход, както е описано в [1,3].

Функциите са следните:

избор: включва дейности по планиране и подготовка, за да се събере и предостави цялата информация и входните елементи, необходими за преминаване към следващата функция – определянето;

Определяне: може да включва дейности по оценяване на съответствието като изпитване, измерване, контрол, преценка на проекта, оценяване на услуги и процеси и извършване на одит, за да се предостави информация относно изискванията за продукта като входен елемент за функциите преглед и атестация;

Преглед: означава проверка на приложимостта, адекватността и ефикасността на дейностите по избор и определяне, и на резултатите от тези дейности по отношение на изпълнението на определените изисквания [1],

Решение за сертификация;

Атестация: издаване на потвърждение за съответствие, основано на решение, взето след

преглед, и доказващо, че са удовлетворени определените изисквания [1];

Надзор (когато е необходимо): систематично повтаряне на дейностите по оценяване на съответствието като основа за поддържане на валидността на потвърждението за съответствие [1,2].

2. ФУНКЦИИ И ДЕЙНОСТИ В СХЕМИТЕ ЗА СЕРТИФИКАЦИЯ НА ПРОДУКТИ

Схемите за сертификация на продукти се разработват, като се определят конкретни дейности за всяка от приложимите функции.

3. ВИДОВЕ СХЕМИ ЗА СЕРТИФИКАЦИЯ НА ПРОДУКТИ

Всички видове схеми за сертификация на продукти включват избор, определяне, преглед, решение и атестация. Необходимо е да се избере една или повече дейности по определяне като се вземе предвид естеството на продукта и определените изисквания. Видовете схеми, се различават в зависимост от извършваните дейности по надзор (ако е приложимо). При схемите от вид 1a и 1b не се изисква надзор, тъй като атестацията се отнася само за онези продукти, които са били обект на дейностите по определяне. За останалите видове схеми е определен начинът, по който могат да бъдат използвани различните дейности по надзор, и условията, при които може да се прилагат.

3.1 Схема от вид 1а.

В тази схема една или повече извадки от продукта са обект на дейностите по определяне. Сертификат за съответствие или потвърждение за съответствие (например удостоверение) се издава за типа продукт, чиито характеристики са посочени подробно в сертификата или в документа, позован в сертификата. Следващите бройки от производството не са в обхвата на атестацията за съответствие, издадена от органа за сертификация.

Извадките са представителни за следващите бройки от производството, на които производителят би могъл да се позове като произведени в съответствие със сертифицирания тип.

Органът за сертификация може да предостави на производителя правото да използва сертификата за типа продукт или друг вид потвърждение за съответствие (например удостоверение) като основа за производителя да декларира, че произведените впоследствие бройки съответстват на определените изисквания.

3.2 Схема от вид 1б.

Този вид схема включва сертификация на цяла партида от производството като следствие от дейностите по избор и определяне, дадени в схемата. Изпитваните обеми, които може да включват изпитване на всички бройки в партидата (100 % изпитване), биха се основавали, например, на хомогенността на бройките в партидата и на прилагането на плана за вземане на извадки, където е подходящо. Ако резултатът от определянето, прегледа и решението е положителен, може да се приеме, че всички бройки в партидата са сертифицирани и може да им се постави знак за съответствие, ако това е включено в схемата.

3.3 Схема от вид 2.

Частта, свързана с надзора в тази схема, включва периодично вземане на извадки от продукта от пазара и подлагането им на дейности по определяне, за да се провери, че произведените впоследствие бройки след първоначалната атестация удовлетворяват определените изисквания.

Доколкото този вид схема дава възможност да се определи въздействието на каналите за разпространение върху съответствието, възможно е

ресурсите, които тя изисква, да бъдат значителни. Освен това, когато се открият съществени несъответствия, е възможно ефикасните коригиращи действия да бъдат ограничени, тъй като продуктът вече е пуснат на пазара.

3.4 Схема от вид 3.

Частта, свързана с надзора в тази схема, включва периодично вземане на извадки от продукта от мястото на производство и подлагането им на дейностите по определяне, за да се провери, че произведените впоследствие бройки след първоначалната атестация удовлетворяват определените изисквания. Надзорът включва периодично оценяване на процеса на производство.

Тази схема не дава възможност за определяне на въздействието на каналите за разпространение върху съответствието. Когато се открият сериозни несъответствия, може да съществува възможност те да бъдат отстранени, преди продуктът да е разпространен на пазара.

3.5 Схема от вид 4.

Частта, свързана с надзора в тази схема, позволява да се направи избор между периодичното вземане на извадки от продукта от мястото на производство, или от пазара, или и от двете места, и те да се подложат на дейностите по определяне, за да се провери, че произведените впоследствие бройки след първоначалната атестация удовлетворяват определените изисквания. Надзорът включва периодично оценяване на процеса на производство.

Тази схема може да даде индикация както за въздействието на каналите за разпространение върху съответствието, така и да предостави механизъм за предварително въздействие върху пазара, за да се идентифицират и отстранят сериозните несъответствия. Възможно е да се дублират в значителна степен усилията за онези продукти, чието съответствие не се влияе при процесите на разпространение.

3.6 Схема от вид 5.

Частта, свързана с надзора в тази схема, позволява да се направи избор между периодичното вземане на извадки от продукта или от мястото на производство, или от пазара, или и от двете места, и тяхното подлагане на дейностите по определя-

не, за да се провери, че произведените впоследствие бройки след първоначалната атестация удовлетворяват определените изисквания. Надзорът включва периодично оценяване на процеса на производство, одит на системата за управление или и двете. Степента, в която четирите дейности по надзор се изпълняват, може да се променя в зависимост от конкретната ситуация, както е определено в схемата. Когато надзорът включва одит на системата за управление, е необходимо да се извърши първоначален одит на системата за управление.

3.7 Схема от вид 6.

Тази схема се прилага основно при сертификация на услуги и процеси.

Въпреки че обикновено услугите се считат за нематериални, дейностите по определяне не се ограничават до оценяване на нематериалните елементи (например, ефикасност на процедурите на организацията, забавяния и реакция на ръководството). В някои случаи видимите елементи на услугата могат да подкрепят доказателството за съответствие въз основа на показаното при оценяването на процесите, ресурсите и механизмите за контрол. Например, проверка на чистотата на превозните средства при оценяване на качеството на обществения транспорт.

Когато се разглеждат процеси, ситуацията е подобна. Например, дейностите по определяне при процесите на заваряване могат да включват изпитване и контрол на извадки от извършени заварки, ако е приложимо.

Както при услугите, така и при процесите, частта по надзора в тази схема включва периодични одити на системата за управление и периодично оценяване на услугата или процеса.

4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сертификацията на продукти трябва да създава доверие за всички заинтересовани от удовлетворяване на определени потребителски и не само изисквания.

Доставчиците да могат да предлагат ефикасно продуктите си на пазара.

Създава възможност на доставчиците да докажат на участниците на пазара, че техните продукти са преминали атестация за удовлетворяване на определените изисквания от независим орган от трета страна.

Литература

1. ISO/IEC 17000:2004, приложение А.
2. ISO/IEC 17065:2012
3. БДС EN ISO/IEC 17067:2013 Основни принципи на сертификацията на продукти и указания за схеми за сертификация на продукти(ISO/IEC 17067:2013)

TYPES OF SCHEMES FOR CERTIFICATION OF PRODUCTS

Boryana ILIEVA

Technical University-Sofia, Bulgaria

e-mail: bilieva@tu-sofia.bg

Abstract: The certification of products is an evaluation and appraisal by a third party, by certifying that the fulfillment of specified requirements has been demonstrated. The certification of products is carried out by certification bodies of products must comply with the ISO / IEC 17065. Specific requirements for products containing usually standards or other normative documents. The certification of products is formally established business of conformity assessment, providing confidence in consumers, public authorities, industry and other stakeholders that the products meet certain requirements, including safety features of the product, interoperability and sustainability.

Keywords: certification, conformity assessment, supervision schemetext.

ПРЕДПОСТАВКИ НА ЕВРОПЕЙСКОТО ЗАКОНОДАТЕЛСТВО ЗА СЪЗДАВАНЕ НА WEB БАЗИРАНА СИСТЕМА ЗА ПОДПОМАГАНЕ НА ДЕЙНОСТТА НА ИНСТИТУЦИИ СВЪРЗАНИ С ПЪТНОТРАНСПОРТНИ ПРОИЗШЕСТВИЯ

Васил ПЕНЧЕВ¹, Ирена НИКОЛОВА¹, Мартин КУВАНДЖИЕВ¹, Евгени СЪБЕВ¹

¹катедра „Основи и технически средства за конструиране”, Технически университет - София, България

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

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

e-mail: martinkuvandzhiev@gmail.com,

e-mail: zigra_25@abv.bg

Резюме: В настоящата работа целите, които са поставени от авторите са да се представят последните нормативни актове на Европейското законодателство по отношение на процедури, касаещи пътнотранспортните произшествия както и предпоставките, които това законодателство обуславя за създаването на Web базирана интегрирана система за подпомагане на дейността на институциите, свързани с тези събития. Извършен е аналитичен преглед на Предложение за Директива на Европейския съюз, касаеща документирането и обмена на информация относно извършените на територията му пътни нарушения, които са в пряка причинна връзка с настъпването на пътнотранспортни произшествия. Пътнотранспортните произшествия са събития, при които е необходимо да се извършат множество дейности от компетентни органи, чиято дейност е трудоемка и е базирана предимно на попълване на форми върху хартиен носител, като по този начин се намалява енергийната и ресурсна ефективност на извършваните дейности. Поради тази причина авторите предлагат да се разработи интегрирана система в Web среда, която да подпомага тези дейности.

Ключови думи: пътнотранспортно произшествие (ПТП), Европейско законодателство, Web базирана система

1. УВОД

В нашето ежедневие, има събития, отличаващи се с много голяма честота – това са пътнотранспортните произшествия (ПТП). Тези събития водят до нанасянето на материални и нематериални щети и резултат от тях, с огромна социална значимост, са немалък брой отнети човешки животи. Българското законодателство е инкриминирало такива събития [1]. Република България като страна членка на Европейския съюз (ЕС) е необходимо да спазва процедурите и изискванията, заложи в нормативните актове на ЕС. Основна цел на транспортната политика на ЕС е подобряването на пътната безопасност - намаляване на смъртните случаи, неимуществените и имуществените вреди. Важен фактор при прилагането и спазването на тази политика е последователното изпълнение на санкции за пътнотранспортни нарушения, които са значителна заплаха за безопасността по пътищата. Поради липсата на подходящи процедури и не-

зависимо от съществуващите възможности, често не се изпълняват санкции от финансов и административен характер за пътнотранспортни нарушения, когато тези нарушения са извършени с превозно средство, регистрирано в държава-членка, различна от държавата-членка по местонарушението. Затова е трябва да се гарантира ефективно разследване на пътнотранспортните нарушения.

Основен фактор за това е комплексното взаимодействие между държавите – членки на ЕС, и равния им достъп до единна система за документиране на пътнотранспортни нарушения.

Въз основа на извършеното проучване от страна на авторския колектив е установено, че такава система съществува, но функционирането и е с недостатъчна ефективност, която води до затрудняване на горните дейности.

2. ЕВРОПЕЙСКО ЗАКОНОДАТЕЛСТВО И ВРЪЗКАТА МУ С ПТП

В [2] е представено, че спазването на правилата за движение по пътищата е ключов фактор за създаването на условия за значително намаляване на броя на загиналите и ранените. ЕС също призовава да се разгледа необходимостта от по-нататъшно засилване на контрола по спазването на правилата за движение по пътищата от държавите-членки на ЕС. В този аспект е налична необходимостта да се проучат възможностите за хармонизиране на правилата за движение по пътищата на равнище ЕС и да се приемат допълнителни мерки за улесняване на трансграничното правоприлагане по отношение на пътнотранспортните нарушения, и по-специално нарушенията, които са свързани с тежки ПТП.

През 2008 г. Комисията приема предложение за Директива на Европейския парламент и на Съвета за улесняване на трансграничното правоприлагане в областта на пътната безопасност. Въз основа на това предложение е приета Директива 2011/82/ЕС [3], но с [4] Съдът на ЕС я отменя с обосновка, че тя не може да бъде валидно приета на съответното основание. Съдът запазва правните последици на [3] до влизането в сила на нова Директива.

По този начин следва да се насърчава сближаването на мерките за контрол между държавите-членки. Наложително е Комисията да проучи необходимостта от разработване на общи стандарти за автоматичното оборудване за контрол на безопасността по пътищата. Гражданите на ЕС трябва да са по-осведомени относно правилата за безопасно движение по пътищата, действащи в различните държави-членки. Чрез подходящи мерки ще се гарантира предоставянето на нужната информация за последствията от неспазването на правилата за безопасно движение по пътищата при пътуване в държава-членка, различна от държавата-членка на регистрацията на превозното средство.

За подобряване на безопасността по пътищата в целия ЕС и гарантиране на еднакво третиране на водачите на превозни средства - нарушителите с местна и с чуждестранна регистрацията, трябва да се улесни изпълнението на мерките независимо от държавата-членка, в която е регистрирано

превозното средство. Затова е необходимо да се използва система за трансграничен обмен на информация за установени пътнотранспортни нарушения, независимо дали са от административен или наказателноправен характер съгласно правото на съответната държава-членка. Чрез системата трябва да се предоставя на държавата-членка по местонарушението достъп до данни за регистрацията на превозни средства на държавата-членка в която те са регистрирани. По-ефикасният трансграничен обмен на данни за регистрацията на превозни средства, с който да се улесни идентифицирането на лицата, за които съществува подозрение, че са извършили пътнотранспортно нарушение, може да доведе до по-предпазливо поведение на водачите на превозни средства с цел намаляване на жертвите от ПТП.

В националното законодателство на някои държави-членки тези нарушения са определени като административни нарушения, а в други държави-членки - като престъпления. Уеднаквените правила трябва да се прилагат независимо от квалификацията на нарушенията по националното право.

Стратегията за управление на информацията, отнасяща се до вътрешната сигурност на ЕС има за цел намирането на най-простите, лесно проследими и икономически ефективни решения за обмен на данни.

3. WEB БАЗИРАН МОДУЛ ЗА ДОКУМЕНТИРАНЕ НА ПТП

Във връзка с изготвянето на доклад до Европейския парламент и Съвета Комисията трябва да проучи необходимостта от разработване на общи стандарти за установяване на сравними методи, практики и минимални стандарти на равнище ЕС, като се има предвид международното сътрудничество и споразуменията, свързани с безопасността по пътищата, по-специално Виенската конвенция за движението по пътищата от 1968 г. Комисията също е наложително да проучи необходимостта от общи критерии за последващите процедури от страна на държавите-членки в

случай на неплащане на парична глоба, които да са в съответствие със законите и процедурите на държавите-членки.

Спазването на единни правила на територията на целия ЕС трябва да бъде съчетано със зачитане на основните права - правото на неприкосновеност на личния живот и на защита на личните данни, като се отчита по-конкретно специфичното естество на трансграничния онлайн достъп до бази данни. Необходимо е да бъдат създадени софтуерни приложения, чрез които обменът на информация да се извършва при сигурни условия и да се гарантира поверителността на изпращаните данни. Тези данни не следва да се използват за други цели. Държавите-членки трябва да се задължат да спазват разпоредбите относно условията за използване и временно съхраняване на данните. Данните, свързани с идентифицирането на даден нарушител, се считат за лични данни. При уведомяване за извършеното нарушение лицето, чиито лични данни са засегнати, трябва да се информира за правото на достъп, правото на поправка и заличаване на лични данни, както и за максималния законен срок на съхраняване на данните. Това лице да има правото да изиска корекция на неточни лични данни или незабавно заличаване на незаконно регистрирани данни.

От значение е осигуряването на възможност за участие на трети държави в обмена на данни за регистрацията на превозни средства, ако те са сключили споразумение за тази цел с ЕС. Това споразумение трябва да включва необходимите разпоредби за защита на данните.

За да се осигури високо равнище на защита на участниците в движението по пътищата в ЕС, Европейските институции са разработили Предложение за Директива за улесняване на трансграничния обмен на информация относно пътнотранспортни нарушения, свързани с безопасността по пътищата [5]. Разглеждат се случаите когато тези нарушения са извършени с превозно средство, регистрирано в държава-членка, различна от държавата-членка по местонарушението. Предвижда се тази Директива да се прилага за следните пътнотранспортни нарушения:

- несъобразена скорост;

- неизползване на обезопасителен колан;
- преминаване на червена светлина;
- управление в нетрезво състояние;
- управление под въздействието на наркотични вещества;
- неизползване на предпазна каска;
- движение в забранена лента;
- незаконно използване на мобилен телефон или друго средство за комуникация по време на управление.

[5] включва: Процедура за обмен на информация между държавите-членки, Уведомително писмо за пътнотранспортно нарушение, Доклади на държавите-членки до Комисията, Защита на данните, Информация за участниците в движението по пътищата в ЕС.

Държавите-членки трябва да предоставят на националните звена за контакт на други държави-членки достъп до следните национални данни за регистрацията на превозни средства за извършване на автоматизирано търсене на:

- данни, свързани с превозните средства;
- данни, свързани със собствениците или държателите на превозното средство.

„Национално звено за контакт“ означава компетентният орган, определен да отговаря за обмена на данни за регистрацията на превозни средства, а „автоматизирано търсене“ - процедура за онлайн достъп за справка в базите данни на една, няколко или всички държави-членки, или на участващите държави.

Всички търсения под формата на изходящи искания се извършват по пълен регистрационен номер. Държавата-членка по местонарушението използва получените данни за установяване на лицето, което носи лична отговорност за съответното пътнотранспортно нарушение.

Държавите-членки е необходимо да предприемат мерки за осъществяване на обмена на информация, чрез оперативно съвместими електронни средства без обмен на данни, включващ други бази данни. Те трябва да гарантират:

- че обменът на информация се осъществява по икономически ефективен и сигурен начин;

- сигурността и защитата на предаваните данни се осъществява чрез използване на съществуващи софтуерни приложения.

При наличие на изменени версии на софтуерните приложения трябва да се предостави режим на онлайн обмен в реално време и пакетен режим на обмен, който да позволява обмен на множество искания или отговори в рамките на едно съобщение.

Всички представени по-горе изисквания могат лесно да се изпълнят чрез създаването на една база данни разработена в Web среда, в която да се записва цялата информация за фиксирани по надлежния път и с надлежни средства нарушения настъпили на територията на държавата-членка. От тази гледна точка е рентабилно да се създадат Web базирани форми на документи, които при попълването им автоматично да записват необходимите данни в общата база на ЕС, отнасяща се за такъв вид нарушения. Подобно предложение е направено в [6].

Когато държавата-членка по местонарушението реши да предприеме последващо производство по отношение на пътнотранспортно нарушение, тя информира собственика, държателя на превозното средство или идентифицираното по друг начин лице, за което съществува подозрение, че е извършило пътнотранспортното нарушение. Когато изпраща уведомителното писмо държавата-членка по местонарушението включва информация за естеството на нарушението - за мястото, датата и часа на нарушението, нарушените разпоредби от националното право и съответната санкция, когато е приложимо, данни за уреда, който е използван за установяване на нарушението. Изпратеното уведомителното писмо е на езика, на който е изготвен документът за регистрация на превозното средство, ако той е известен, или на един от официалните езици на държавата-членка на регистрацията.

Държавите-членки са задължени регулярно да изпращат на Комисията доклади, в които се посочва броят на автоматизирани търсения, вида на нарушенията, за които са направени тези искания и броят на безрезултатните искания.

Всяка държава-членка гарантира, че обработваните лични данни се поправят в подходящ срок, ако са неточни, или се заличават, когато вече не са необходими. Заинтересованите лица имат право да получат информацията относно това какви лични данни, регистрирани в държавата-членка на регистрацията, са били предадени на държавата-членка по местонарушението.

Комисията отговаря за публикуването на своя уебсайт обобщение на действащите правила в държавите-членки, изготвено на всички официални езици на ЕС. Държавите-членки предоставят на Комисията информацията относно тези правила, а на участниците в движението по пътищата необходимата информацията относно приложимите на тяхна територия правила и мерките в сътрудничество с други организации, с органите, които са компетентни в областта на безопасността по пътищата, неправителствените организации, осъществяващи дейност в областта на безопасността по пътищата, както и автомобилните клубове.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящата разработка авторите са представили анализ на Европейското законодателство в областта на превенцията на ПТП и неговата приложимост при документирането на пътнотранспортни нарушения, както и улесняване на процедурата по търсене на отговорност на виновните лица на територията на ЕС. Разгледани са предпоставките на това законодателство и е обоснована необходимостта от създаването на форми за въвеждане на информацията в Web среда.

5. ЛИТЕРАТУРА

1. Наказателен кодекс
2. Съобщение „Към европейско пространство на пътна безопасност: насоки за политиката в областта на пътната безопасност през периода 2011-2020 година“ на Комисията, 20 юли 2010 г.
3. Директива 2011/82/ЕС
4. Решение на ЕСъд от май 2014 г. по дело C-43/1210
5. 2014/0218 (COD) Предложение за Директива за улесняване на трансграничния обмен на информацията относно пътнотранспортни нарушения, свързани с бе-

зопасността по пътищата, Европейска комисия, Брюксел, 2014.

б. Пенчев В., Подход и средства за документиране, анализ и визуализация на ПТП в Web среда, дисертация за придобиване на ОНС „Доктор”, София, 2013.

BACKGROUND OF EUROPEAN LEGISLATION FOR ESTABLISHMENT OF WEB BASED SYSTEM FOR SUPPORT OF INSTITUTIONS RELATED TO TRAFFIC ACCIDENTS

Vasil PENCHEV, Irena NIKOLOVA, Martin KUVANDJIEV, Evgeni SABEV

Fundamentals of design department, Technical University-Sofia, Bulgaria

e-mail: vasil_penchev@tu-sofia.bg, e-mail: inikolova@tu-sofia.bg, e-mail: martinkuvandzhiev@gmail.com,
e-mail: zигра_25@abv.bg

Abstract: In this study the objectives set by the authors are related to the analysis of the proposed adopting European legislation on procedures concerning accidents and premises that this legislation makes the creation of a Web-based integrated system to support the activities of the institutions associated with these events. An analytical review of the Proposal for a Directive of the European Union concerning the documentation and exchange of information on the underlying complex traffic offenses that have a direct causal relationship to the occurrence of accidents. Road accidents are events that need to be carried out many activities of competent authorities, whose business is labor intensive and is based primarily on completing the forms on paper, thereby reducing the energy and resource efficiency of the activities. For this reason, the authors propose to develop an integrated system in the Web environment to support these activities.

Keywords: vehicle crash accident, European legislation, Web based system.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ХИДРОДИНАМИКАТА НА АПАРАТ С “МОДИФИЦИРАН“ КИПЯЩ СЛОЙ

Е. КРАЙЧЕВ, Г. ТАКОВ, Р. ВУЧЕВА, Р. ПОПОВ, П. СЪБЕВ

Минно-геоложки Университет „Св. И. Рилски“ - София, България, ТУ -София

e-mail: e_kraichev@yahoo.com

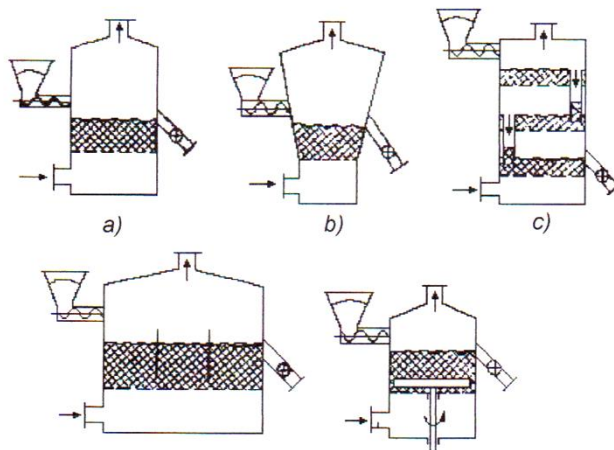
Резюме: В настоящата работа са представени резултати от изследване на хидродинамиката на нова инсталация, чийто основен елемент е апарат с “модифициран“ кипящ слой. Инсталацията работи с два газови потока – основен (студен) и вторичен (горещ с помощта на газов калорифер). Инсталацията е предназначена за термична обработка на зърнести нелепнещи материали, кипящи в работната зона на апарата. Хидродинамичното изследване, показва сравнително ниски загуби в налягане на празен и пълен със слой (частици) апарат.

Ключови думи: кипящ слой, модифициран, хидродинамика,

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Флуидизирините системи, намират все по-широко приложение в редица области на световната индустрия, като Фармацевтика, Биотехнологии, Химическа промишленост, Хранително-вкусова промишленост и др.

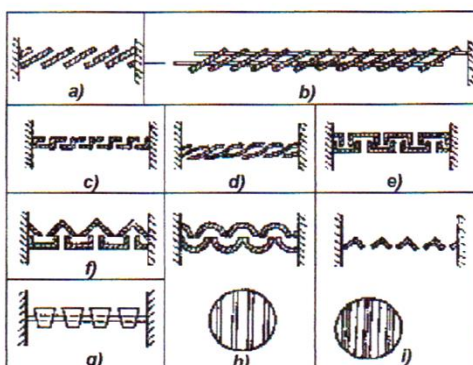
Основна роля за развитието на тези термодинамични системи (газ -твърдо тяло) имат апаратите с “кипящ“ и “фонтаниращ“ слой. Тяхното наименование идва от това, че слоя от твърди частици, под действието на флуидизиращ агент (газ), започва да се движи и прилича на кипяща течност. При апаратите с фонтаниращ слой, дисперсната система има формата на фонтан, от където произлиза и наименованието им.



фиг. 1. Конструкции на апарати с кипящ слой с непрекъснато действие

Основните предимства на тези апарати са малките загуби в налягане, равномерност на обработката на материалите, висока производителност, лесна експлоатация, поддръжка и ремонт (липса на триещи се и движещи се части). Характерна особеност на тези конструкции е, че

обработвания материал се поставя върху така нареченото обтечено дъно (решетка), след което в работен режим газовия поток преминава отдолу през светлото сечение на решетката и флуидизира частиците, без да се получават нежелани застойни зони.



фиг. 2 Конструктивни решения на обтечени дъна

Апаратите с кипящ слой са предназначени за процеси, като: сушене, агломериране, гранулиране, термична обработка, нанасяне на филм около твърда частица, пелетизиране и много други.

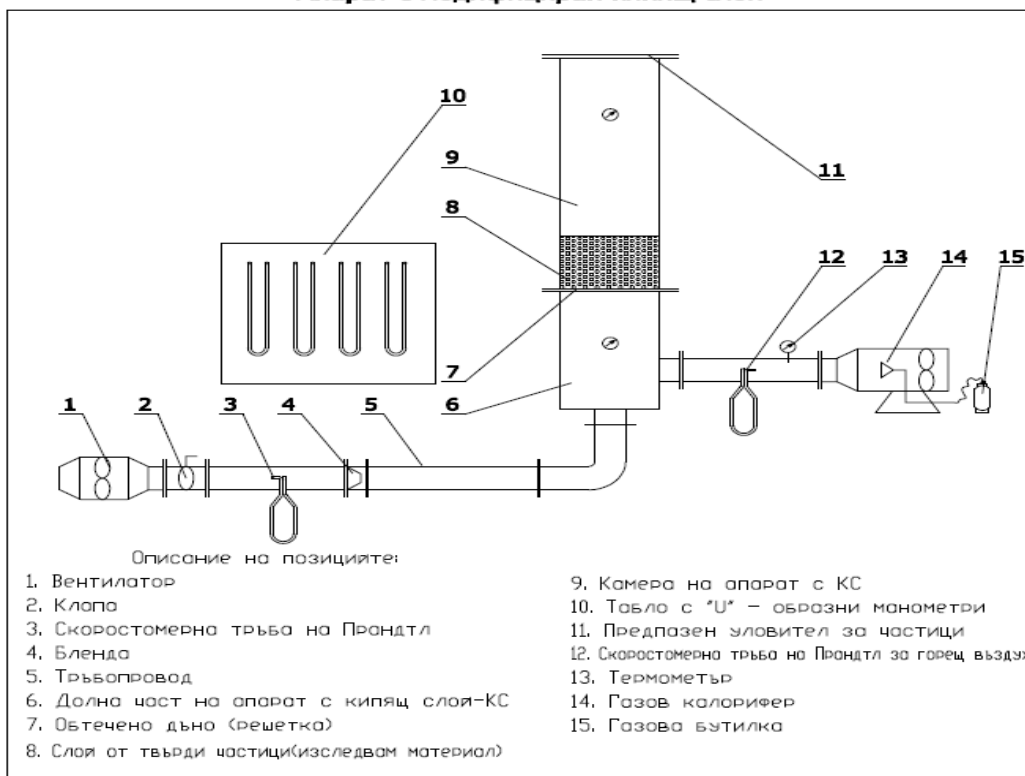
2. ОПИСАНИЕ НА АПАРАТА И ОПИТНА ПОСТАНОВКА

В настоящата работа е показан апарат с модифициран кипящ слой, който беше проектиран и изработен с помощта на инфраструктурен проект. Той е предназначен за термична обработка на зърнести нелепнещи материали и е с размери височина $H = 1250 \text{ mm}$ и диаметър $D_A = 125 \text{ mm}$. Инсталацията може да работи с два газови потока – основен (въздух засмукван от помещението с $T_1 \approx 20^\circ\text{C}$) и вторичен (горещ – създаден с помощта на газов калорифер).



фиг. 3. Снимка и блок схема на инсталацията и всички възлите към нея

Апарат с модифициран кипящ слой



Основният газов поток се подава посредством високонапорен вентилатор (1) в долната камера на апарата (6). Вторичният газов поток постъпва в инсталацията с помоща на газов калорифер (14) и се захранва с газ от 20 литрова бутилка под налягане (15). По този начин след термичната обработка на материала, той може и да се охлажда, чрез тръбопровод (5), ако това е необходимо. Слойт от твърди частици (8), кипи над обтечено дъно (7) в горната камера (9) на апарата. Контролира се времепребиваването на сферичните и несферични частици през кварцово (високотемпературно) видно стъкло.

Новата инсталация може да се използва освен за научно-изследователска работа, но и за лабораторни упражнения по различни дисциплини.

2. Избор на изследвани материали

Изборът на изследвани материали е съобразен с параметрите на инсталацията и диаметра на обтеченото дъно. Бяха избрани 5 вида различни по своята структура и състав насипни материали с диаметър на частиците d_c между 1 и 8 [mm] и плътност ρ_m от 979 до 1315 [kg/m³]. Техните физични величини като например насипна плътност, еквивалентен диаметър, фактор на формата и др. са определени с помоща на последно поколение апарат CAMSIZER (собственост на IAUT Магдебург, Германия).

В табличен вид са показани изследваните материали и физичните им характеристики, като еквивалентен диаметър d_p , плътност ρ_m , фактор на формата (сферицитет) Ψ и влагосъдържание на частиците x в [%].

табл. 1 Изследвани материали

Материал	d_c [mm]	ρ_m [kg/m ³]	Ψ [/]	x [%]
Просо	1,65	1250	0,867	10,86

Зърна от горчица	2,18	1180	0,945	11,06
Конопено семе	3,36	979	0,917	10,24
Пшеница (жито)	4,07	1315	0,804	9,73
Царевица	4,52	1267	0,873	9,54
Кафе на зърна Арабика сантос	5,65	1204	0,896	11,19



Фиг. 4. Опитни материали (жито, царевица и кафе)

3. Експериментални изследвания относно хидродинамиката

Новата инсталация чийто основен елемент е апаратът с модифициран кипящ слой е оборудвана с необходимата измервателна и регулираща техника. Измерват се опитно скорости и дебити на

основния- и вторичния газов поток, входни и изходни температури на газа и материала, с помощта на водни U- образни манометри се определят хидравличните загуби в налягане на празен апарат и загубите в налягане с материал (частици) в работен режим.

табл.2. Опитни резултати

№	Ъгъл на клапа 2	дебит на въздуха	скорост на въздуха	$\Delta P_{п.а}$ за празен апарат	$\Delta P_{слой}$ за слой от частици	$\Delta P_{общо}$ за слой и апарат
	[°]	[m ³ /h]	[m/s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
1	0	0	0	0		
2	10	30,2	0,23	22	402	422
3	20	76,2	0,58	97	355	452
4	30	144,8	1,12	185	301	486
5	40	183,2	1,4	273	254	527
6	50	227,4	1,75	361	189	550
7	60	263,5	2,02	452	133	585
8	70	301,4	2,31	587	94	681
9	80	339,5	2,61	643	72	715
10	90	384,7	2,95	769	58	827

За хидравличното съпротивление на апарата в работен режим запълнен с материал е установено:

$$\Delta P_A = \Delta P_{п.а} + \Delta P_{слой} \quad (1)$$

$$\Delta P_{п.а} = \xi_{п.а} (W + \rho) / 2 \quad (2)$$

$\xi_{п.а}$ се изследва и получава опитно за всяка конструкция и зависи от броя на клапите, щуцерите, внезапни стеснения и разширения и светлото сечение на обтеченото дъно,

$$\Delta P_{\text{слой}} = \lambda_{\text{сл}} \cdot H_{\text{сл}} / D_{\text{екв.}} \cdot (W + \rho) / 2 \quad (3)$$

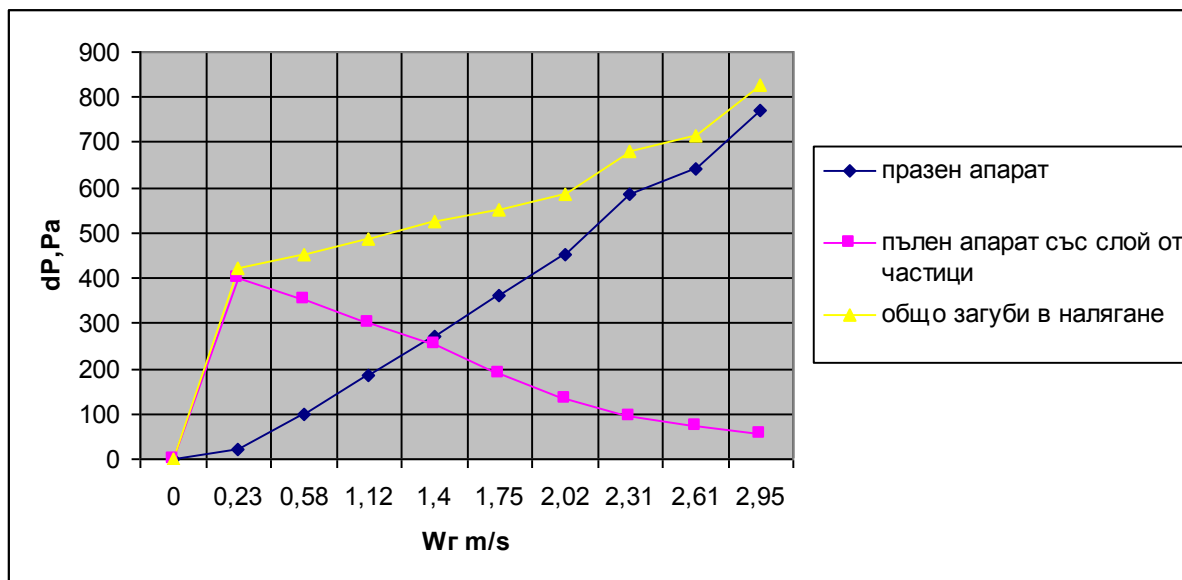
$$\lambda_{\text{сл}} = K / Re_m \quad (4)$$

$$Re_m = 2W_{\text{ч}} \cdot d_{\text{ч}} / 3(1 - \Psi) \cdot \nu_{\text{газ}} \quad (5)$$

големи от 1000. Разликата за ΔP_A от експериментите сравнени с тези на уравнение 1) са по-малки от 8%.

Тук коефициентът $K = 150 \div 200$ и се препоръчва от Романков за стойности на Рейнолдс по-

$$Nu_{\text{Lam}} = 0,664 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,33} \quad (6)$$



фиг. 5 Зависимост между скоростта на основния газов поток и загубите в налягане

Заклучение

Проектирана, изработена и пусната в действие е инсталация с модифициран кипящ слой за термична обработка на зърнести нелепнещи материали от различни области на промишлеността. Опитната постановка е снабдена с необходимата измервателна и регулираща техника. Определени са загубите в налягане на празен апарат, както и с 5 вида частици кипящи в работната зона на апарата. Доказана е ефективността на новото съоръжение. Ниските загуби в налягане са предпоставка за по-ниски производствени разходи при мащабирането на инсталация в промишлена.

4. Използвани символи и означения

а) коефициенти

ΔP – загуба в налягане, [Pa];

$\lambda_{\text{сл}}$ – коефициент на линейни съпротивления;

W – скорост на газа (въздух), [m/s];

$D_{\text{екв}}$ – еквивалентен диаметър на апарата, [m];

ρ – плътност на газа, [kg/m³];

ρ_M – плътност на материала, [kg/m³];

$\xi_{\text{пр.а}}$ – хидравлично съпротивление на празен апарат;

б) критерии

Re – критерий на Рейнолдс;

Nu – критерий на Нуселт;

Pr – критерий на Прандтл;

в) индекси и съкращения

M – материал

A – апарат

пр. а – празен апарат

к.с – кипящ слой

ч – частица

Lam – ламинарно течение

Литература

1. **Крайчев Е.**, Нов апарат с фонтаниращ слой за топло-и масообменни процеси, Дисертация, Магдебург, 2005 г
2. VDI – Wärmeatlas, 9^{te} Auflage Teodor Steinkopf Verlag, 2002 г.

3. **Картелов Я., Крайчев Е., Сендов С.**, Инсталация за топлинна обработка на насипни материали в псевдокипящ слой, Списание ХВП, 2007 г.
4. **Uhleman Н., Mörl L.**, Wirbelschicht - Sprühgranulation, Springer Verlag , 2002
5. **Романков П., Рашковская Н.**, Сушка во взвешеном состоянии, Изд.Химия 1988 г

INVESTIGATION OF THE HYDRODYNAMIC PROPERTIES OF THE APPARAT WITH MODIFIED SPOUTED BED

Evgeni KRAYCHEV¹ Genadii TAKOV² Raina VUCHEVA³ Raino POPOV⁴ Petko SABEV⁵

¹University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: e_kraichev@yahoo.com

Abstract: In the work are presented the results of hydrodynamics of new apparatus with modified spouted bed reactors. The installation collaborates with two gaz-streams – main (cold) and second (hot with gas callorriffer). It has be designed for thermal processing of grainy, non adhesive materials. A hydrodynamic investigation has shown that the pressure losses in the empty apparatus and during work with the grain materials are very low.

Keywords:, spouted bed, modify, hydrodynamic

СИМУЛАЦИОННИ ИЗСЛЕДВАНИЯ ВЪРХУ ВЛИЯНИЕТО НА ДЕБЕЛИНАТА НА МЕМБРАНАТА ПРИ ЕДНОЕНЗИМЕН АМПЕРОМЕТРИЧЕН БИОСЕНЗОР

Николай СТОЯНОВ

Катедра „Електроизмервателна техника“, Технически университет – София, България
e-mail: n_stoyanov@tu-sofia.bg

Резюме: В представената работа е извършен симулационен анализ на едноензимен амперометричен биосензор за ензимна кинетика на Михаелис-Ментен. Системата нелинейни диференциални уравнения от втори ред е решена в програмната среда MATLAB с помощта на числено интегриране. Получени са разпределенията на субстрат и продукт в активната мембрана, както и изходния ток за установен режим на измерване. Изследвани са влиянията на максималната скорост на ензимната реакция и дебелината на активната мембрана върху изходния сигнал от биосензора. Анализирани са условията за разширяване на линейната зона и повишаване на чувствителността на характеристиката вход-изход на биосензора.

Ключови думи: амперометричен биосензор, ензимна реакция, математическо моделиране, симулационен модел

1. УВОД

В послените години все повече нараства интереса към биосензорите, представляващи алтернатива на стандартните аналитични методи и средства, като спектрофотометрични, електрохимични, хроматографски, маспектрометрични, луминисцентни и др. Надеждите към биосензорите са големи, поради възможностите, които предлага специфичната комбинация от материал с биологичен произход и междинен преобразувател [1,9]. Биоматериалът е отговорен за разпознаване на анализираното вещество, като след биохимична реакция се променя определен физикохимичен параметър на средата. Този параметър се улавя от междинния преобразувател, който на изхода си генерира електрическия сигнал, пропорционален на измерваното вещество. Сред основните характеристики и предимства на биосензорите са високата чувствителност и селективност на биоматериалите към измерваните вещества, тяхното бързодействие, както и много по-ниската им цена в сравнение с конвенционалните аналитични методи.

Основен етап в разработването и реализирането на биосензорни анализатори и системи е математическото моделиране на процесите в зоните, съдържащи биоматериали [5,8]. Поради сложната организация на структурата на биологичните материали, получаването адекватен ма-

тематичски модел, описващ процесите представлява доста сложна задача.

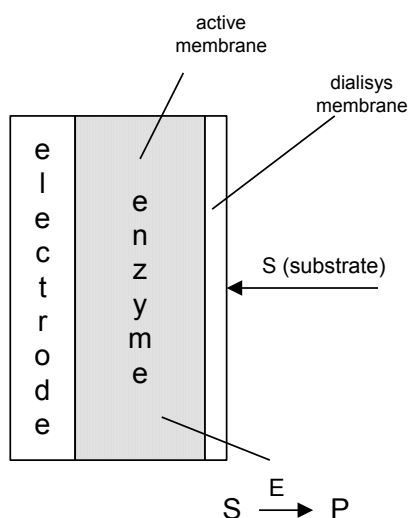
Ензимните биосензори се характеризират с най-широко разпространение в практиката [10]. Тяхното поведение се описва с помощта на система от частни или обикновени нелинейни диференциални уравнения от втори ред, съответно за динамичен или установен режим на измерване [1]. Те отразяват процесите на дифузия и ензимна реакция, протичащи в зоната на активната мембрана. В общия случай системата е нерешима в аналитичен вид, поради което трябва да се използват различни методи за числено интегриране [3,7]. Основен елемент при съставянето на уравненията е израза за скоростта на ензимната реакция. Само при най-елементарния случай на ензимна кинетика от първи ред, съответстващ на много малки концентрации, уравненията могат да се линеаризират и да се получи аналитично решение. При по-сложните видове кинетика точни решения няма, поради което се налага използването на числени методи за получаване на разпределенията в зоната на активната мембрана. Задачата се усложнява твърде много и при нарастване на броя на измерваните субстрати и биоматериалите, изграждащи структурата на мембраната [4,6].

Целта на настоящата работа е да се изследва поведението на односубстратен едноензимен амперометричен биосензор в установен режим за ензимна кинетика на Михаелис-Ментен. Да се

реши системата уравнения и да се проведат симулационни изследвания за влиянието на основните параметри в математическия модел върху изходния сигнал от биосензора.

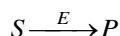
2. МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛ НА АМПЕРОМЕТРИЧЕН БИОСЕНЗОР ЗА КИНЕТИКА НА МИХАЕЛИС-МЕНТЕН

Конструкцията на едноензимен амперометричен биосензор е представена на фиг.1. Тя включва активна мембрана, съдържаща биологичен материал, диализна мембрана и амперометричен електрод.



фиг.1 Конструкция на амперометричен биосензор

Навливането на измерваното вещество S в зоната на биоматериала е съпроводено и с протичане на ензимно-катализирана реакция по следната схема:



където P е означен получения продукт от реакцията, а с E – ензима, катализиращ превръщането на субстрата в продукт. Системата диференциални уравнения за субстрата и продукта в установен режим, съгласно законите на Фик за еднамерна челна дифузия и скорост на ензимната реакция, описваща се с уравнението на Михаелис – Ментен в безразмерни координати има следния вид [1]:

$$\frac{d^2 S}{dx^2} - \phi^2 \frac{S}{S+1} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{1}{\lambda} \frac{d^2 P}{dx^2} + \phi^2 \frac{S}{S+1} = 0 \quad (2)$$

Означенията са следните: $\lambda = D_S/D_P$, D_S и D_P – дифузионни коефициенти за субстрата и продукта от реакцията; ϕ^2 – модул на Тиле, представляващ отношението на времеконстантите на дифузия и ензимна реакция:

$$\phi^2 = \frac{l^2}{D_S} \frac{V_m}{K_M} \quad (3)$$

Тук V_m е максималната скорост на ензимната реакция, K_M – константата на Михаелис, l – дебелина на активната мембрана. Модула на Тиле има основно влияние върху метрологичните характеристики на биосензорите.

Изходният ток от биосензора, който обикновено се дава размерни координати е:

$$I_P = n.F.A.D_P \left. \frac{d[P]}{d\delta} \right|_{\delta=0} \quad (4)$$

където n е броят на участващите електрони в електрохимичната реакция, F е константата на Фарадей, а A е площта на катода на амперометричния електрод.

Граничните условия от двете страни на мембраната за установен режим на измерване са следните:

$$x = 1, S(1) = S_0, P(1) = 0 \quad (5)$$

$$x = 0, \frac{dS}{dx} = 0, P(0) = 0 \quad (6)$$

3. СИМУЛАЦИОНЕН АНАЛИЗ

Симулационните изследвания са проведени в програмната среда MATLAB 7.1. За решаване на системата от нелинейни диференциални уравнения от втори ред е използвано числено интегриране по метода на крайните елементи [11]. Разработен е симулационен модел, базиран на функцията BVP4C, предназначена за решаване на двуточкови гранични задачи [2], като са задавани подходящи опции на изчислителния процес, началните условия и подходящи стойности на физическите параметри в модела.

Изследванията са проведени при постоянни стойности на следните параметри: $n = 2$; $F =$

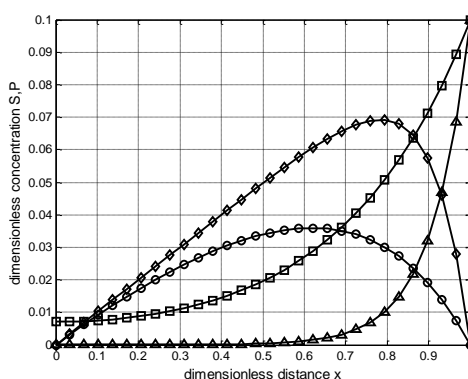
96485 C/mol - константа на Фарадей; $A = 7,85 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$ - площ на катода на индикаторния електрод; $K_M = 1 \cdot 10^{-4} \text{ M/m}^3$ - константа на Михаелис за ензимната реакция; $V_m = 7 \cdot 10^{-5} \text{ M/s}$ максимална скорост на ензимната реакция, $D_S = 3 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ - дифузионен коефициент за субстрата; $D_P = 3 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ - дифузионен коефициент за продукта.

Разпределенията в активната мембрана на измервания субстрат и получения продукт вследствие на процесите на дифузия и ензимна реакция са показани на фиг.2.

За избрания тип скорост на ензимната реакция се вижда, че разпределението на субстрата в активната мембрана представлява нелинейна функция. Концентрационният профил силно се влияе от максималната скорост V_m на ензимната реакция, като при ниска стойност на параметъра, значително количество субстрат достига до повърхността на индикаторния електрод.

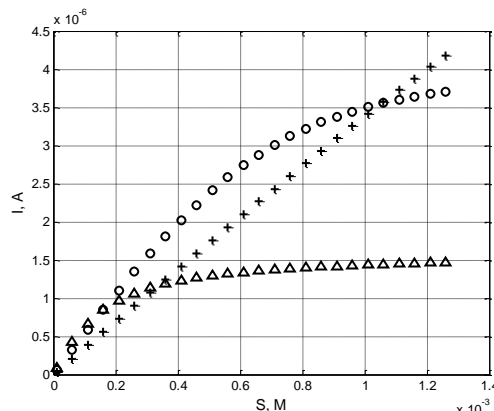
Концентрационният профил на продукта също е нелинейна функция, притежаваща максимум отдалечен от индикаторния електрод. Това се дължи на стойността на максималната скорост V_m на ензимната реакция, като нейното увеличение до $7 \cdot 10^{-4} \text{ M/s}$ предизвиква силно изместване на екстремума на функцията в посока към диализната мембрана. Освен това високата стойност на този коефициент предизвиква и силно консумиране на субстрата още в началото на активната мембрана.

На фиг. 3 е показано влиянието на дебелината на активната мембрана върху изходния ток от биосензора. От фигурата ясно може да се определи, че дебелината на активната мембрана има съществено влияние върху изходния сигнал от биосензора. Кривата за $l = 3 \cdot 10^{-5} \text{ m}$, представляваща най-тънката мембрана, се характеризира с най-висока чувствителност на функцията. В този случай, обаче линейната зона е много къса и се навлиза много бързо в зоната на насищане на ензимната реакция. При мембраната с най-голяма дебелина $l = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ ситуацията е обратна. Характеристиката вход-изход притежава широка линейна зона за много високи концентрации. Чувствителността, обаче значително намалява.



фиг. 2. Разпределения на субстрат и продукт в зависимост от максималната скорост: $V_m = 7 \cdot 10^{-5} \text{ M/s}$ (субстрат (\square), продукт (\circ)); $V_m = 7 \cdot 10^{-4} \text{ M/s}$ (субстрат (Δ), продукт (\diamond))

Прекомерното увеличение на дебелината на ензимния слой води и до силно намаляване на бързодействието на биосензора, поради големите дифузионни ограничения на мембрани с голямо количество биоматериал.

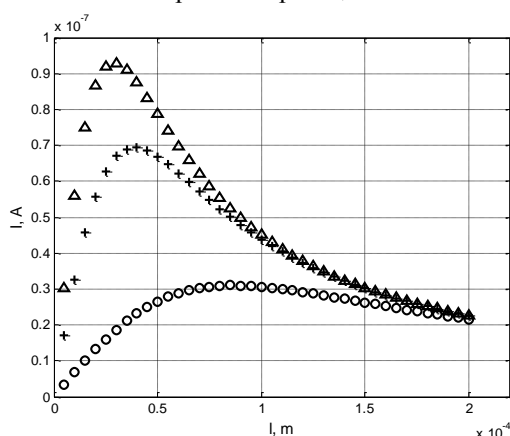


фиг.3 Влияние на дебелината на мембраната l върху изходния ток: $l = 3 \cdot 10^{-5} \mu\text{m}$ (Δ); $l = 8 \cdot 10^{-5} \mu\text{m}$ (\circ); $l = 1,3 \cdot 10^{-4} \mu\text{m}$ (+).

На фиг. 4 е показано комбинираното влияние на максималната скорост V_m на ензимната реакция и дебелината l на активната мембрана върху изходния сигнал от амперометричния биосензор.

Вижда се ясно, че смесения ефект на двата параметъра е осезаем върху метрологичните характеристики на биосензора. Стойността на изходния ток за най-ниската скорост $V_m = 1 \cdot 10^{-5}$

M/s остава ниска дори и за по-тънки мембрани, като максимума, който се наблюдава е за стойност около $0,9 \cdot 10^{-4}$ m. Увеличението на максималната скорост на ензимната реакция води до рязко повишение на изходния ток за случаите на мембрани с малки дебелини. За стойност $V_m = 5 \cdot 10^{-5}$ M/s максимума е за дебелина на мембраната $l = 0,4 \cdot 10^{-4}$ m. От фигурата може да се определи, че с увеличаване на максималната скорост и намаляване на дебелината на активната мембрана стойностите на тока могат да нараснат няколко пъти в сравнение със случаите на дебели мембрани и ниски скорости на реакциите.



фиг. 4. Комбинирано влияние на максималната скорост на ензимната реакция и дебелината на мембраната върху изходния ток: $V_m = 1 \cdot 10^{-5}$ M/s (○); $V_m = 5 \cdot 10^{-5}$ M/s (+); $V_m = 9 \cdot 10^{-5}$ M/s (Δ)

4. ИЗВОДИ

В представената работа е извършен симулационен анализ върху влиянието на параметрите на математическия модел за едноензимен биосензор при нелинейна ензимна кинетика на Михаелис-Ментен. Разгледан е амперометричен продукт-чувствителен вариант в установен режим на измерване. Разработен е симулационен модел, като системата от обикновени нелинейни диференциални уравнения от втори ред, описващи процесите в активната мембрана е решена с помощта на числено интегриране. Изследвано е влиянието на максималната скорост на ензимната реакция и дебелината на активната мембрана върху разпределенията на субстрат и продукт,

както и върху изходния ток от едноензимния биосензор. Получените резултати показват, че двата параметъра оказват съществено влияние върху функциите на преобразуване, съответно върху метрологичните характеристики на този вид биосензори.

Ниската максимална скорост на ензимната реакция води до наличието на значително количество субстрат, достигащ до повърхността на индикаторния електрод. Това предизвиква силно увеличение на грешката от измерването, дължаща се на неконсумираното количество измервано вещество. Поради това при реализацията на ензимни амперометрични биосензори за предпочитане са мембрани, притежаващи висока каталитична активност, съответно висока максимална скорост на ензимната реакция.

От проведените симулационни изследвания може да се обобщи, че използването на подебели мембрани води до разширяване на линейната зона на характеристиките вход-изход, съответно на измервателния обхват. За сметка на това, обаче намалява чувствителността. Обратно тънките мембрани осигуряват много висока чувствителност, но и тесен измервателен диапазон. Използването на мембрани с много големи дебелини не е за предпочитане, поради силно намаляване на бързодействието на биосензорите. Това се дължи на увеличеното разстояние, което субстрата трябва да премине за да достигне до индикаторния електрод.

Литература

1. **Нейков А.**, Биосензорни системи и анализатори.- ТУ-София, 1993
2. **Йорданов Й.**, Приложение на MATLAB в инженерните изследвания, част I и част II, (Библиотека за докторанта).- Русенски университет, Русе, 2004
3. **Baronas R., F. Ivanauskas, J. Kulys**, The influence of the enzyme membrane thickness on the response of amperometric biosensors.- *Sensors*, 3, 2003, 248-262
4. **Baronas R., J. Christensen, F. Ivanauskas, J. Kulys**, Computer simulation of amperometric biosensor response to mixtures of compounds.- *Nonlinear analysis: modelling and control*, Vol. 7, 2002, No. 2, 3-14
5. **Botkin N.D., V.L. Turova**, Mathematical models of a biosensor.- *Applied Mathematical Modelling*, 28, 2004, 573-589
6. **Kulys J.**, Modeling trienzyme biosensor at internal diffusion limitation.- *Nonlinear Analysis: Modelling and control*, Vol.9, 2004, No1, 139-144

7. **Meena A., A. Eswari, L. Rajendran**, Mathematical modeling of biosensors: enzyme-substrate interaction and biomolecular interaction.- New Perspectives in biosensor technology and application, Pier Andrea Serra, In Tech, 2011, 215-228
8. **Neykov A., V. Rangelova**, Mathematical modeling of the biosensor systems.- Biotechnology and Biotechnology Equipment, 2, 1998, 12, 100-110
9. **Pandelova A., S. Petrova, A. Neykov**, Experimental research of a hybrid biosensor for ecological purposes.- Biotech.&Biotechnological equipment, 1, 2003, pp.187-193
10. **Sarma A.K., P. Vatsyayan, P. Goswami, S.D. Minteer**, Recent advances in material science for developing enzyme electrodes.- Biosensors and Bioelectronics, 24, 2009, 2313-2322
11. **Yordanova S., Gadjeva**, System modeling and simulation.- Technical University of Sofia, 2003

DIGITAL SIMULATION FOR INFLUENCE OF MEMBRANE THICKNESS TO ONE-ENZYME AMPEROMETRIC BIOSENSOR

Nikolay STOYANOV

Electrical measurement department, Technical university – Sofia, Bulgaria

e-mail: n_stoyanov@tu-sofia.bg

Abstract: In the present work simulation model of one-enzyme amperometric biosensor is synthesized. Enzyme kinetics of Michaelis-Menten is accepted. The system of non-linear differential equations from second order is solved in MATLAB software package, using numerical integration. Concentration profiles of the substrate and product in the membrane and output current is obtained. The influence of the speed of the enzyme reaction and the membrane thickness to output signal is investigated. The extension of the linear zone and increase the sensitivity of the output signal of the biosensor is analyzed.

Key words: amperometric biosensor, enzyme reaction, mathematical modeling, simulation model

ПЪРВОНАЧАЛНА ПИЛОТНА КОНСТРУКЦИЯ НА ИНСТРУМЕНТАЛНА ЕКИПИРОВКА ЗА ЛЕЕНЕ ПОД НАЛЯГАНЕ НА ПЛАСТМАСОВИ ДЕТАЙЛИ

Спас СТЕФАНОВ, Любомир ДИМИТРОВ, Мартин РАДЕНКОВ

катедра „Машинни елементи и неметални конструкции”, Машиностроителен факултет, Технически университет – София, България

e-mail: ssks@mail.bg; lubomir_dimitrov@tu-sofia.bg; radenkov@tu-sofia.bg

Резюме: Конструкторите на шприцформи все повече предпочитат 3D CAD файлове. Те са лесно достъпни за директна работа при пространственото компютърно конструиране, което се е утвърдило в модерното серийно производство на инструментална екипировка. Триизмерните модели предлагат редица предимства, касаещи визуализацията, опростяват симулациите, облекчават управлението на продукта и по-бързото изготвяне на чертежи. Допринасят за рационализиране на конструкторивната дейност като цяло.

Ключови думи: леене под налягане, шприцформи, компютърно проектиране на инструментална екипировка

Разработването и използването на компютърни модели наред с цялата си прецизност и систематичност все още носи и елемент на изкуство. Успехът на подобен проект зависи не само от използваните методи, но и от тяхната творческа интерпретация съобразно спецификата на конкретните случаи.

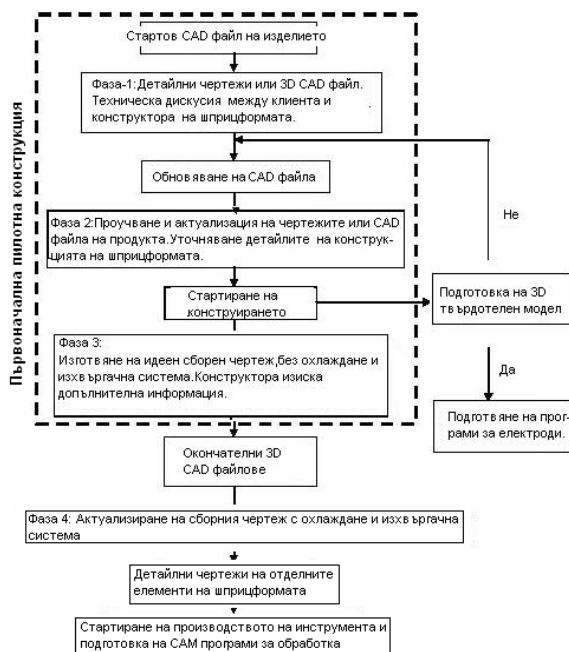
Конструкторската изкусност предполага оригинално мислене, изобретателност и находчивост, но изисква също задълбочени знания за системите и физичните явления, а също известен практически опит. Още повече, че задачата е комплексна: трябва да се моделират не само изделията, но и шприцформите, чрез които ще се произвеждат.

По правило конструкторите работят в тясно сътрудничество с производителите на крайни изделия. Това им осигурява обратна връзка и съответно – по-добро осмисляне на технологичния процес и най-подходящата за него инструментална екипировка. Още повече, че като материален актив с дългосрочна експлоатационна перспектива тя ангажира сериозни инвестиции, поради което подходът „проба – грешка” е неприемлив. Вместо това се залага на предварително моделиране на конструкцията и уточняване върху нейн идеен проект на всички възможни усложнения. Типична схема на цялостния конструкторски процес при създаване на шприцформа е показана на фиг.1.

Важен момент е да се осигури необходимата CAD информация за изделието, чието

производство се планира на новокопструирания инструмент. Особено удобно е използването на по-нови версии на CAD файловете с интерактивно отразяване на измененията. Това съкращава работния цикъл и рационализира процеса като цяло.

Детайлната информация, въз основа на която се изгражда моделът, а в следствие – и конструкцията на бъдещата шприцформа, се съдържа в приложената от поръчителя ѝ техническа справка (чеклист). Тя включва якостно-деформационните характеристики на използвания материал, параметрите му на свиване, кинематичните особености на подвижните части на инструмента, геометрията и взаимното разположение на работните кухни, топологията на захранващите щуцери, нагревателите и охлаждащите системи и др. конструктивни особености, както и оперативните режими. Този контролен списък съдържа по-голямата част от информацията, която се удвоява при калкулацията. Това позволява на клиентите да решат дали да променят CAD файла, за да се произведе по-опростен и по-евтин инструмент. След това конструкторът подготвя първоначалната конструкция на продуктите CAD файлове и информацията от контролния чеклист.



фиг.1 Типична схема на работен проект при конструиране на шприцформите

Традиционно конструкторите на шприцформи използват и 2D CAD пакети за създаване на първоначална конструкция, но все повече се предпочитат 3D CAD файловете. Те са лесно достъпни и позволяват директна работа с тях при пространственото компютърно конструиране, което е на въоръжение в повечето съвременни предприятия за серийно производство на по-сложни машини и съоръжения.

Завършеният първоначален проект е обект на техническа дискусия. Измененията по отношение на пилотната конструкция обикновено се маркират и скицират и на хартиен работен чертеж. Въпреки че на този етап няма краен продуктов CAD файл, производителите на шприцформи добиват ориентация за нужните суровини и стандартни компоненти. Окончателният CAD файл позволява да се пристъпи към реалното конструиране на инструмента - отново с помощта на 3D CAD пакет.

Добре е да се държи сметка за продължителността на цялостния творчески процес, като се отчита, че първоначалният

проект на шприцформата все още не предлага в завършен вид крайния ѝ конструктивен вариант.



фиг.2 Методика на модерния конструктивен подход при създаване на шприцформи

Фигура 2 представя в общ вид модерната концепция за конструиране на инструментална екипировка за леене под налягане. Тя се основава на използването на стандартни конструкторски форми (с приложение на метода на стандартизирането), описани в чеклиста за техническа дискусия. Това по същество е общ, почти универсален шаблон, подлежащ на използване при повечето нови проекти.

Отделните конструктивни елементи имат свои собствени шаблони. Базите данни се използват за записване на информация - вид на стандартните компоненти, типове конструкции, геометрични параметри, проектни данни и др. Производителите могат лесно да възприемат предложения подход, който им открива възможност за персонализиране на базите данни, така че да включват техните собствени стандарти.

При този подход на конструиране на матрици се употребяват само стандартни компоненти - например каси, изхвъргачи и други.

Изчисленията при стандартното конструиране се основават на правила, универсално приложими за модерното

производство на подобни формувачи съоръжения. Наред с евристиката стриктното съблюдаване на нормите е определящо за успеха на инструменталното конструиране. От това зависи доколко шприцформата ще съответства на цялостния агрегат за леене под налягане, съответно – безпроблемната му работа при висока производителност и гарантирано качество на изделията.

Йерархичната структура на файловете на стандартната конструкция трябва да бъде единна. При първоначалния дизайн изхвъргачите и линиите за охлаждане все още не са включени, защото тяхното изпълнение зависи от крайния CAD файл на продукта.

Триизмерните модели имат редица предимства: подобряване на визуализацията, опростяване на симулациите, облекчено управление на продукта, по-бързо изготвяне на чертежи и улесняване на интеграцията с процеса на конструиране.

Литература

1. **Jablonowski. J.** “What's New in EDMs”. Modern Mold A Tooling. Mar. 1999.
2. **Johnson. R. F.** “Process Validation and Good Manufacturing Practices”. Univ. of Lowell

Използван софтуер: NX7 - Unigraphics, Solid edge

INITIAL CONSTRUCTION OF TECHNICAL EQUIPMENT INTENDED FOR INJECTION MOLDING OF PLASTIC ARTICLES

Spas STEFANOV, Lubomir DIMITROV, Martin RADENKOV

катедра „Машинни елементи и неметални конструкции”, Faculty of Mechanical Engineering, Technical University of Sofia
e-mail: ssks@mail.bg; lubomir_dimitrov@tu-sofia.bg; radenkov@tu-sofia.bg

Abstract: The constructors of shaping instruments for injection molding of plastic articles prefer to use new 3D CAD utilities. These products are very adaptive to their particular professional needs and allow more ease and productivity at every stage of the whole project.

Keywords: injection molding, press-forms, instrumental equipment in plastics processing industry

TRENDS IN CONSTRUCTION OF LONG-DISTANT GAS AND OIL PIPELINES

Muzher Taha MOHAMED

University of Diyala, College of Engineering, Iraq

E-mail: drmuzher@yahoo.com

Abstract: Current trends in the construction of highways and gas pipelines are discussed. The basic requirements to be met by the technology of building pipelines are referred to. A method of Flash Butt Welding is described and its advantages and disadvantages are analyzed. Problems when welding steel TMCR are shown out.

Key Words: pipelines, welding, FBW, TMCR steels

In the last years, the consumption of natural gas or the so called “green energy source” has increased substantially. This poses serious problems for its transportation, since the natural gas fields are very far from areas, where it is consumed. The solution to this problem is the design and construction of transnational long distance large diameter pipelines, working under high pressure. The key to the economic success for such pipelines involves the use of high strength steels and high productivity girth welding process.

Investments for pipeline erection are determined by access and preparation, material costs, pipe centering, welding, nondestructive inspection and expenses for repairing, as well as expenses for salaries and maintenance. Since the welding time is a critical variable during pipeline erection, in recent years large-scale studies were conducted on the effectiveness of welding processes. Welding processes used in pipeline welding can be divided into three groups:

- Arc welding;
- Solid state welding or Forge welding;
- Light beam welding.

Arc welding is still dominant process used in practice while forge welding processes have a limited usage despite big investments in their development. Light beam processes are also studied in details and the newest laser systems are promising for practical application. Whatever process is chosen it should fulfill to three principal requirements:

- 1) High productivity – how fast two pipes can be welded;
- 2) Satisfactory properties of welded joint – in accordance with required mechanical properties;
- 3) Weld quality – acquiring of permanent quality of welded joints.

Recently the application of high strength steels has substantially reduced the expenses for the erection of pipelines. A usual practice is the usage the steels of the type X70 and X80. In September 2002 a pipeline section was built by Trans Canadian Pipeline made of steel X100. The application the TMCR steels is also investigated aimed to determine the possibilities to satisfy the required properties by a given welding process.

The mechanized MIG/MAG welding is already used in pipeline erection more than forty years and considerable successes were attained in increasing the productivity. Since the welding time is a critical variable during pipeline erection, in recent years large-scale studies were conducted on the effectiveness of welding processes. Substantial investments were made in development of so called one-shot processes based on forge welding in an attempt of increasing the productivity compared with MIG/MAG welding. In this respect, particularly attractive is the process of Flash Butt Welding (FBW) of pipes. Nevertheless of large efforts this process didn't find a big dissemination. Flash Butt Welding – FBW is the most widespread forge welding process mainly in Russia and Ukraine

Essence of the FBW – advantages and disadvantages

Flash welding is a diversity of the resistance welding. In this process, the ends of the pieces to be welded are connected to the electricity electrical power source. One piece is held stationary while the other one is pressed against the first. In the contact area heavy currents pass through peaks or asperities of the edges. The asperities start melting and, at greater velocities, the molten bridges are broken and thrown of as flash particles from the joint (hence the

name “Flash Welding”). This cycle of the formation and collapse of bridges goes on as the movable piece advances. When the conductive heat has sufficiently heated the metal behind the faying surfaces on either side to ensure adequate plasticity, the flashing current is stopped and ends are butted against each other at greater force. This action ensures that the molten metal oxides and the impurities are extruded out of the surfaces to be jointed and satisfactory welding takes place [2].

The main advantages of the FBW can be summarized as follows:

- One-shot welding in one welding post;
- Absence of filler welding materials;
- Automatic process;
- Repeatable high quality welds;
- Immediate weld quality record;
- Reduced time for one joint cycle welding (in the range of 6 – 10 min);
- Low manpower requirements (a team of only 13 specialists could operate the whole welding procedure).
- High production rate. The average productivity of a welding team is estimated to be 50-70 joints per shift.

The main shortcomings to be marked are:

- Imperfect system to control the welding process, to register the welding parameters and evaluate the quality of the welded joint.
- Low value of the Charpy “V” notch impact toughness.
- Absence of automatic methods for NDT control of welded joint.

At the same time the FBW equipment sets great demands on the power source. For example, the system created in ZAO “Pskovelektrosvar” for welding of pipes with diameter of 1220 mm and wall thickness 27 mm requires a welding current of about 200 kA at a voltage of 8 – 10 V.

Problems with new HS steels

Strict requirements were placed to the pipe manufacturers regarding the development and processing of materials for pipelines during the past 40 years. This resulted in development of HS steels with improved toughness. For this purpose, the normalization and the hot rolling of the steels were replaced by thermo-mechanical controlled rolling (TMCR). This process enabled the production of materials like

X65 and X70, which are steels microalloyed with niobium or niobium and vanadium, with low carbon content. Such steels are now widely used for construction of long distance pipelines.

An important point in the production process of these steels is obtaining of appropriate microstructure characteristics (dislocations, grain boundaries and precipitates) that determine the high strength and toughness of the steel. These characteristics are developed in the process of austenite transformation by means of cooling at appropriate speed.

One of the key points in the investigations provided by McDermott Inc., New Orleans, USA [3] was that FBW process, being a high - heat input welding process has degrading effects on strength and toughness on the new TMPC steels. To overcome this negative problem several post weld heat treatments have been applied using induction coils with air and water quench rings.

The main conclusions following McDermott investigations are:

- Simulation tests of the FBW and PWHT thermal cycles on nine different steels clearly indicated that both chemical composition and processing history influenced their response.
- Tensile and yield strength of FBW in API 5L Grade X-65 steels can be restored to the required minimums by proper PWHT
- Charpy “V” notch testing produced wide scatter and occasional low values. No definite correlation with weld parameters and microstructure was defined.
- CTOD testing gave uniform values with high levels averaging more than 0.4 mm.
- The wide plate test results were acceptable and were in agreement with the CTOD results indicating that the scatter in charpy 'v' notch values is not representative of overall joint performance.

The general conclusion following McDermott investigations were, that extensive tests of flash butt welding (FBW) large diameter, heavy wall pipe manufactured by thermomechanical controlled processing (TMPC), verified successful application of this welding process.

Following the trials of McDermott, the process was also accepted for inclusion in API standard 1104. However, a pipeline was never been installed by McDermott. Two reasons for this are the

improvements in conventional welding systems and some problems to achieve satisfactory mechanical properties with part of the available pipe materials (investigated pipe steels) [3]

The potential defects reported [4], are oxide inclusions and cold laps, since the extent of forging is limited, particularly on the centre line of the joint. For this reason, flash butt welds are susceptible to “kissing bonds”, where there is failure to form a metallurgical joint, but the two faying surfaces are in very close contact. This type of defect is very difficult to be detected by NDE techniques.

New generation of FBW equipment

Recognizing the drawbacks of the first generation -old vintage- FBW welding machines and using the results of the MCD /Statoil/UGent investigations, ZAO Pskovelectrosvar and E.O.Paton Electric Welding Institute re-designed their first generation FBW equipment in order to ensure consistent weld quality, to avoid weld defect through a computerized control system of the weld parameters and to meet the current weld performance requirements. “Gazprom VNIIGAZ” and “Moscow University, Bauman” are also involved in the feasibility studies and development of the NDT control procedure of the welded joints.

The second generation internal (onshore) and external (offshore construction) FBW machines for the welding of pipes with diameter of 48 inch (1220 mm) are shown in Figures 1a,b for internal and Figure 2a,b for external centring of pipes.

New equipment was tested [Beloev et al., 2012] for girth welding of pipes with outer diameter

1206,6 mm and wall thickness of 26,8 mm, made of steel grade X65, produced by EUROPIPE GmbH. Mechanical test results satisfy the requirements specified by API 1104. Based of this test results it may therefore be concluded that flash butt welding realized by the new generation equipment is suitable for long distant large diameter pipeline construction provided that the post weld heat treatment is performed properly and the pipes are made of high quality TMCP steels.

References

- [1] **Beloev M., V.Homenko, N.Lolov, P.Darjanov.** Results from the Recent Investigations on the FBW Process Application for Long Distance Large Diameter Pipelines, Proceedings of the EWF Eurojoint 8 Conference, Pula, Croatia, 2012, pp 255-264
- [2] **Krishnaraj N., K. Prasad Rao, E.G. Ramachandran.** The Quality of Flash Welded Joints in Mild Steel: A Study on the Effects of Welding Parameters. Welding Research Supplement, June 1993, pp. 239-s – 245-s
- [3] **Sprow, D.L.** Flash Butt Welds – New and Future Pipeline Application, Proceedings of the Pipeline Technology Conference, Oostende 15-16 October 1990
- [4] **Yapp D, Blackman S. A.** 2004. Recent Developments in High Productivity Pipeline Welding, J. of the Braz. Soc. of Mech. Sci. & Eng. January-March 2004, Vol. XXVI, No. 1



fig.1a. Second generation internal 48 inch FBW machine



fig.1b. Second generation internal 48 inch FBW machine during welding



fig.2a. Second generation external 48 inch FBW machine



fig.2b. Second generation external 48 inch FBW machine during welding

ИНЖЕНЕРНИЯТ ДИЗАЙН – БАЛАНС МЕЖДУ НАУКА И ИЗКУСТВО

Яна ЮНАКОВА

катедра „Инженерен дизайн“, Технически университет - София, България

e-mail: yanaunakova@yahoo.com

Резюме: В тази публикация се разглежда какво е наука, изкуство и дизайн в контекста на инженерния дизайн, техните прилики, разлики и допирни точки. Еднозначен отговор на поставените за изследване въпроси още не е намерен и това прави проблема актуален. Доминиращият въпрос в този дебат са разликите между изкуство и дизайн. Те не са толкова много по отношение на това как изглеждат, както в това, което правят: те имат различни цели, правят се по различен начин, оценяват се по различни критерии и имат различни аудитории. Изразеното мнение в този доклад не е окончателен отговор, а по-скоро отправна точка за разговор с продължение.

Ключови думи: инженерен дизайн, изкуство, наука

"Най-красивият опит, който можем да имаме, е загадъчното - основната емоция, която стои в люлката на истинското изкуство и истинската наука." Карл Сейгън [10]

Дизайнът е мощна сила в съвременното общество и култура. Той ни заобикаля каквото и да правим, където и да отидем. Той има влияние върху нас, независимо дали сме наясно с това или не. Днес не е лесно да се даде определение за всички неща, които думата "дизайн" трябва да обозначи. Става все по-трудно, понякога дори невъзможно да се каже къде свършва дизайна и къде явления като изкуство, архитектура започват. Едно нещо е сигурно: дизайнът не е само създаването на естетични и функционални обекти, той е много повече. Дизайнът е идеология, която засяга нашия начин за възприемане на света, той е форма на комуникация.

В своята същност инженерният дизайн е сложна дейност, в която се съчетават две страни на човешкото познание: наука и изкуство. При обсъждането на връзката между изкуство и дизайн обикновено се твърди, че или дизайна е вид изкуство и поради това не е различно от него, или пък, че дизайна коренно се различава от изкуството, като връзката по между им остава без особено значение. Или се разглеждат различните свойства, които имат дизайна и изкуството.

Но въпреки контрастите между тях, изкуството и дизайна са две основни познания, които са допълващи се компоненти в човешката култура.

1. ПРОБЛЕМЪТ ЗА ДЕФИНИЦИЯТА НА ИЗКУСТВО, ДИЗАЙН И НАУКА КАТО СЪСТАВНИ ЕЛЕМЕНТИ НА ИНЖЕНЕРНИЯ ДИЗАЙН

1.1. Дефиниция за изкуство

В публикацията „Дефиниция за изкуство“ на Енциклопедия по философия, при Станфордския университет се казва: „Определението за изкуството е спорно в съвременната философия. Дали изкуството може да бъде определено също е въпрос на спор. Ползността на определението за изкуство също се обсъжда.“

И още: „Изкуството трябва да бъде дефинирано само ако има единна концепция за изкуство, която обслужва всички различни цели на изкуството - исторически, традиционни, естетически, комуникативни и т.н. И тъй като няма независима употреба на понятието за изкуство, изкуството не трябва да бъде определяно.“ [2]

Терминът изкуство може да се употребява в различен смисъл: като процес на създаване, да обозначи произведение, като потребление от аудиторията, а също така и изучаването на изкуството (изкуствознание). Обектите (произведения на изкуството), създадени от артистите (изкуството като дейност), предизвикват отклик, настроение, предават символика и друга информация на публиката (изкуството като потребление). Произведенията на изкуството се създават чрез целенасочена индивидуална интерпретация на неограничено множество идеи с цел да бъдат предадени на околните. Изкуството стимулира

мислите, чувствата, представите и идеите чрез възприятията. То изразява идеи, приема най-разнообразни форми и служи на най-различни цели.

Енциклопедия Британика дава следното кратко определение на изкуство: "Използването на умения и въображение в създаването на естетични обекти и среди, които могат да бъдат споделени с други".

Промяната на целта на изкуството през различните периоди на неговото развитие, е пряко свързана с промяната в дефиницията.

В средновековните определения за изкуство фокусът е върху умения, в резултат на знания и практика.

През 18-ти век идеята за изкуство е била свързана с целта за ратификацията на вкуса или производството на това, което е красиво. В определянето на изкуството през 19 век се добавят други понятия като истина, талант, себеизразяване.

Данто смята, че концептуалните промени в историята на изкуството, както и специфичните контексти в света на изкуството, определят различни обекти като произведения на изкуството, а не някакви специфични свойства на артефакти, които са достъпни чрез сетивата.

Определянето на изкуството остава силно субективно и не може да бъде окончателно определено. Ако за определен предмет има ясна и убедителна дефиниция, защото разбираме какъв е точно и за какво се използва, изкуството не може да бъде определено по този начин. То не разполага с абсолютен смисъл и цел във всички жанрове.

Точно когато си мислим, че може да се категоризира и определя изкуството като цяло, се появява ново движение в света на изкуството, което изключва това определение за изкуство. Възприятията на всеки човек на изкуството са различни и затова на изкуството може да се гледа само субективно. Защото правилата на изкуството не са стандартизирани, то ще продължи да се трансформира в нови форми на работа, която ще продължи да предизвиква спор и за напред, така както Марсел Дюшан отправи директно предизвикателство към европейската естетиката на вкуса в полза на новата мисъл.

1.2. Дефиниция за дизайн

Много често терминът се приписва на Джоузеф Клод Синел, един от пионерите в тази област, през 1919 година, макар самият той да го отрича в интервю през 1969 година. Създаването на тази дисциплина се крие най-вече в индустриализацията и нуждата да се обръща внимание на формата.

На VII конгрес на ИКСИД през септември 1969 г. се приема третото определение на дизайн предложена от Томас Малдонадо, учен и педагог от знаменитата Улмска дизайн школа в Германия: "Дизайнът е такава творческа дейност, целта на която е формирането на хармонична предметна среда, най-цялостно удовлетворяваща материалните и духовни потребности на човека. Тази цел се постига чрез определянето на формалните качества на предметите, създавани в индустриалното производство. Към тези формални качества на предметите се отнасят не само свойствата на техният външен вид, но преди всичко структурните връзки, които придават на системата необходимото функционално и композиционно единство, което съществува за повишаване ефективността на производството." [9]

Днес съществуват множество определения за дизайн. Дизайнът (от англ. design) най-често се определя като рисунка, план, проект, идея. В съвременната практика дизайнът се разбира като проектиране на вещи, предметни обекти, като видовете обекти имат различно функционално значение: от преимуществено художествени до преимуществено практични.

В по-долните редове се спирам на няколко определения за дизайн в Дания, Норвегия и Швеция, страни, в които дизайна има дълбоки традиции.

Дефиниция за дизайн в Дания: „Дизайнът е творчески процес, който интегрира физическите качества на продукт с естетически съображения. Дизайнът е резултат като краен продукт и процес. Дизайнът като процес се занимава с обединяването на такива фактори, като технология, маркетинг, продажби, рециклиране и обезвреждане, за да се създаде баланс между търговските, нематериалните и естетическите стойности на даден продукт.” [8]

Дефиниция за дизайн в Швеция:

„Дизайнът е плановото и иновационното използване на наличните знания, за да се образуват процеси, среда, продукти и услуги в съответствие с нуждите на потребителите.” [8]

Дефиниция за дизайн в Норвегия

„Дизайнът включва мислене и планиране, за да се даде форма на нещата по такъв начин, че те да могат да бъдат произведени, използвани и накрая рециклирани. Дизайнерите работят в рамките на хуманистичната традиция в срещата между продукт и човек и в нарастваща степен с цифрово и човешкото взаимодействие.

Пет фактора са важни: функционалност, естетика, идентичност, културни, политически и етични отношения.” [8]

1.3. Дефиниция за наука

Как да различим науката от ненауката?

Още миналия век, 1935г., Карл Попър предлага един на пръв поглед парадоксален критерий: Една хипотеза за да е "научна" трябва да е "фалшифицируема", т.е. да съществува опит, който да я опровергава.

Смисълът на критерия за фалшифицируемост е често неразбран. Всъщност това, че научната идея трябва да бъде отворена за опровергаване означава просто, че трябва да е възможно тя да се сравни с реалността и ако тестът е неуспешен, учените трябва да се откажат от нея.

Хюм, обосновавайки се за несъстоятелността на индуктивния метод задава следния въпрос: "Можем ли, въз основа на факта, че сме виждали само бели лебеди, да твърдим, че всички лебеди са бели?" Докато европейците наблюдават популацията на лебедите само на своя континент, смятат това твърдение за верифицирано. Когато стъпват обаче на Австралия, където има и черни лебеди, се опровергава твърдението "Всички лебеди са бели", т.е. фалшифицира се.

Теорията на Айнщайн е била подложена на подобен тест. Общата теория на относителността е съвременната теория на гравитацията, свързана с изкривяването на четиримерното пространство-време, а от там и на светлината. Когато Айнщайн публикува това, научната общественост била шокирана, защото дотогава никой не се е съмнявал, че светлината се движи само по права линия.

В своята същност инженерният дизайн е сложна дейност, в която се съчетават две страни на човешкото познание: наука и изкуство.

И изкуството и науката се занимават с физическия свят (реално или символично) във вида, в който той съществува към настоящия момент. Дизайнерите разглеждат реален факт, приложим в бъдещето и се опитват да предвидят начина по който да изглеждат обектите. Науката трябва точно да опише и обясни наблюдаваните явления. Нейната основна методика се състои във внимателното организиране на експерименти, за да опровергава хипотези, доказващи истинността на противното. Общоприети критерии за наука:

- формулираните хипотези трябва да отговарят на критериите за логически анализ, на верифициране и фалшифициране, да са проверяеми
- да отговаря на емпиричните доказателства
- да използва научния метод

1.2. Концепции за взаимовръзката между изкуство и дизайн.

Особено място в теорията на дизайна има проблема за съотношението изкуство- дизайн. Изследователите често изразяват противоположни гледни точки, в основата на които всеки залага своя мироглед, привнеся в понятията своя възглед за човешки ценности, своето отношение към културата и техническия прогрес. Това довежда до разгръщането на противоречиви позиции във възгледа за дизайн и различни авторски концепции през 30-те години на XX век.

Дизайнът, според Джордж Нелсон (George Nelson), е преди всичко изкуство, свободно творчество, формиращо кръг от човешки ценности, обхваща природната и социалната среда, политическата и икономическа система, както науката и индустрията.[6]

Херберт Рид (Herbert Read) определя дизайна като висша форма на изкуство, като независима професия, свободна от ефективност и приравнява обектите в дизайна към абстрактното изкуство.[7] Според болшинството изследователи, дизайнът е особена форма на масово изкуство, защото, както и произведенията на изкуството, така и дизайн продуктите са плод на творческа дейност.

Наред с тези, има и противоположни гледни точки за съотношението на понятията изкуство и

дизайн. К.Кантор в своя труд „Истина за дизайна“ казва, че „дизайна е произлязъл от изкуството, но в същото време, не е точно изкуство. Дизайнът е внедряване на художествените открития в живота, чрез производство, за да украсят живота на милиони.“[2]

Джеймс Ъруин (James Irvin) разделя понятията изкуство и дизайн. По негово мнение щом на промишлен предмет се придава някаква желана форма с цел да се повиши степента на естетическо възприятие, то дизайнерът трябва да се обръща към изкуството. Ако предмета съществува в единствен екземпляр той е възплъщение на изкуството. А ако на предмета са присъщи практически качества и той е част от серийно производство, говорим за дизайн. Джеймс Ъруин смята, че дизайнер не може да бъде едновременно и художник. Създаването на произведения на изкуството не е задача на дизайнера, въпреки че работата му може да се превърне в такава.

Някои изследователи акцентират на връзката на дизайна с науката. Така Г.Майер (1831-1905) счита, че дизайн е длъжен да се опира на науката, а не на изкуството, защото връзката на дизайн с изкуството е естетическа илюзия. Според него дизайнът е особена проектна дейност, отличаваща се от изкуството.

За Томас Малдонадо (Tomás Maldonado) дизайнът и изкуството се движат по паралелни пътища. По неговото мнение дизайн не е изкуство, а ново явление в действителността. Томас Малдонадо разглежда дизайна в неговата многоаспектна проблематика и неизбежно балансира между практическата и теоретическа постановка на въпроса. [5]

Джон Глоаг (John Gloag) се придържа към прагматичния възглед за дизайн, оценявайки неговата комерсиална страна като резултат от ефективното съединяване на тренираното въображение и практическите умения. За Глоаг в „добрия“ дизайн винаги присъства комерсиалното значение, като той отбелязва, че не говори за „добрия, чист, академичен“ дизайн, в решенията на който отсъства комерсиалния интерес.

Ако Рид приема дизайн за висша форма на изкуство, то за Глоаг той е част от системата на промишленото производство. Глоаг като действителен дизайнер се стреми да докаже, че дизайн е нормална техническа операция в производство.

Въвеждайки обобщена представа за промишлено изкуство, той го класифицира в три части: дизайн, комерсиално изкуство и промишлена архитектура.

Гледната точка на А.И.Каплун за дизайна е, че той е нов вид творческо-проектна дейност, която няма приемственост в културата. Индустриалният дизайн влиза в кръга на естетическите отношения, но по своята специфика той няма корени в историческия опит на приложното изкуство. Индустриалният дизайн не е декоративното изкуство на индустриалната епоха, а декоративното изкуство на 20 век не е дизайн. [3]

По-горе казаното свидетелства за това, че трактовките за дизайн са противоречиви и нееднозначни. Категорията дизайн се разглежда в естетически, научен, морален и икономически аспект. Според мен дизайнът се намира на границата на материалните и духовните видове дейности и неговата задача е да удовлетворява както материалните, така и духовните потребности на човека. Дизайнът не е ново техническо изобретение, но той е възможен на основата на съвършена техника и съдействието на техническия прогрес. Дизайнът не е нова наука, но без развитието на научното знание - естетическо, техническо и хуманитарно, той не би бил възможен. Без използването на опита на всички видове изкуство, дизайнът нямаше да е това, което представлява днес. Промените, настъпили в обективната среда на човешкото съществуване, са ключови показатели за развитието на дизайна, разнообразието на неговите видове и въздействието му върху човека. Инженерният дизайн синтезира различни подходи, постига усложняване на структурата и интердисциплинарно съдържание. Инженерният дизайн се отнася до сферата на човешката дейност, в която равностойно са представени логично и творческо, рационално и ирационално, аналитично и синтетично, т.е. цялостно мислене. Органичното взаимодействие на тези видове мислене, техният диалог е същността на инженерното мислене, необходимо на дизайнери, инженери, изобретатели. По този начин инженерният дизайн се равнява на науката и изкуството, теорията и експеримента, логиката и интуицията. Крайният резултат от това е хармония на научна и художествена мисъл.



Фиг.1 Сервиз за двама (чаши, каничка, захарница),
дизайн: Яна Юнакова, материал: порцелан
[www.yanaunakova.com]

Литература

1. **Иванова Н.**, "История на дизайна", София: Наука и изкуство, 1984
2. **Кантор К.М.**, Правда о дизайне, 1996
3. **Каплун А.И.** Дизайн в высшей школе, 1994
4. **Mag Uidhir and Magnus**, 2011; cf. Meskin, 2008
5. **Maldonado T.**, Education of vision, New York, 1965
6. **Nelson G.**, Problems of design, 2010
7. **Read H.**, A Concise History of Modern Painting, 1985
8. 2001: Design som drivkraft for Norsk Næringsliv 2002-2010
9. www.icsid.org Посетен на: 20.02.2015
10. www.brainpickings.org Посетен на: 20.02.2015

ENGINEERING DESIGN – BALANCE BETWEEN SCIENCE AND ART

Yana YUNAKOVA

Engineering design department , Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: yanaunakova@yahoo.com



Abstract: This publication examines what a science, art and design is in the context of engineering design, their similarities, differences and relationships. One response to questions not yet examined found, making the problem to date. The dominant issue in this debate is the difference between art and design. They are not so much in terms of how they look, both in what they do: they have different objectives, are made differently evaluated by different criteria and have different audiences. The views expressed in this report are not a definitive answer, but rather a starting point for conversation.

Keywords: engineering design, art, science

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА СОСТОЯНИЯ В НЕСТАЦИОНАРНЫХ СИСТЕМАХ НА БАЗЕ ФУНКЦИЙ УОЛША

Александр СТЕНИН, Владимир БУРЛАКОВ, Валерий КУРБАНОВ, Мария СОЛДАТОВА

Национальный Технический Университет Украины «Киевский Политехнический Институт»

e-mail: valeriy.kurbanov@gmail.com

Аннотация: Решается линейно-квадратичная задача оптимизации, в которой для нахождения фундаментальной матрицы предлагается использовать математический аппарат функций Уолша. Это позволяет получить приближенное представление искомой матрицы в виде рядов Уолша, постоянные коэффициенты которых определяются путем решения системы алгебраических уравнений, что даёт возможность реализовать замкнутый оптимальный закон управления в аналитическом виде.

Ключевые слова: квазистационарность, интегральный квадратичный функционал, уравнение Риккати, фундаментальная матрица, функции Уолша, замкнутое оптимальное управление.

Введение. Важным классом критериев качества при решении задачи синтеза оптимальных систем управления являются интегральные квадратичные функционалы. Этот класс критериев интересен прежде всего потому, что при отсутствии ограничений на вектор управляющих воздействий и некоторых предположениях относительно матриц, входящих в функционал, рассматривая линейные объекты, можно получить аналитическое выражение для оптимального управления и построить оптимальную систему управления с линейной обратной связью. В этом случае синтез оптимальной системы можно выполнить любым традиционным методом теории оптимального управления. В данной работе используется принцип максимума(минимума), который для ЛНС при отсутствии ограничений на вектор управления позволяет получить необходимые и достаточные условия оптимальности для этого класса функционалов.

Известно [1], что все реальные объекты управления (ОУ) в той или иной мере являются нелинейными и нестационарными. Анализ и синтез систем управления для таких объектов представляет собой сложную математическую проблему, решение которой до настоящего времени получено для некоторых частных случаев. Однако большинство ОУ позволяет принять в качестве математической модели нестационарную и линеаризованную систему уравнений и применить развитый математический аппарат решения линейных

нестационарных дифференциальных уравнений к решению задач управления. Несмотря на это, синтез оптимальных систем управления для таких объектов по-прежнему остается сложной задачей в виду нестационарности параметров. Методы ее решения во многом зависят от ограничений, наложенных на векторы состояния и управления, на время управления, и целей оптимизации.

Постановка задачи.

Задача оптимизации формулируется следующим образом. Найти управление $u(t) \in E^m$, позволяющее приблизить ЛНС вида

$$\dot{\bar{x}}(t) = A(t)\bar{x}(t) + B(t)\bar{u}(t), \quad (1)$$

$$t \in [t_0, T_f], \bar{x}(t_0) = \bar{x}^{(0)}$$

где $A(t) = \{a_{ij}(t)\}$, $B(t) = \{b_{ik}(t)\}$ - матрицы размера $n \times n$ и $n \times m$ соответственно, элементы которых являются знакопостоянными

$$\text{sign}[a_{ij}(t)] = \text{const}, \quad (2)$$

$$\text{sign}[b_{ik}(t)] = \text{const} \cdot$$

монотонными

$$\text{sign}[da_{ij}(t)/dt] = \text{const}, \quad (3)$$

$$\text{sign}[db_{ik}(t)/dt] = \text{const} \cdot$$

функциями, имеют непрерывные первые производные и ограниченные области определения на интервале времени $[t_0, T_f]$, из заданного начального состояния $\bar{x}(t_0)$ к нулю и в

последующем удерживать около нуля в течение заданного времени $[t_0, T_f]$ и минимизирующее функционал

$$I = \frac{1}{2} \{ \bar{x}^T(T_f) F \bar{x}(T_f) + \int_{t_0}^{T_f} [\bar{x}^T(t) Q(t) \bar{x}(t) + \bar{u}^T(t) R(t) \bar{u}(t)] dt \}, \quad (4)$$

где F , $Q(t)$ - постоянная и нестационарная положительно полуопределенные матрицы размера $n \times n$; $R(t)$ - нестационарная положительно определенная матрица размера $m \times m$.

Отметим, что математические предположения положительной определенности относительно матриц $Q(t)$, $R(t)$ отвечают физическим требованиям, предъявляемым к системе управления и исключают возможность больших и длительных отклонений координат состояния и управления при оптимальном процессе управления.

Обзор существующих решений.

Для решения данной задачи синтеза оптимального управления могут быть использованы следующие основные методы оптимизации: вариационное исчисление, динамическое программирование и принцип максимума (минимума) Понтрягина [2].

Первый из них, классический метод вариационного исчисления для решения задачи оптимального управления приводит к известному уравнению Эйлера-Лагранжа, которое должно быть решено при заданных граничных условиях для получения оптимальной траектории и оптимального управления. Метод предполагает непрерывность и различные условия гладкости функции искомых вектор-функций, а допустимые области их изменения открытыми, что зачастую не выполнимо на практике.

Трудность использования метода динамического программирования обусловлена требованием дифференцируемости вспомогательной функции во всех точках фазового пространства, что не выполняется при предельных значениях координат состояния, и по времени, отсутствием общего способа определения вспомогательной функции в явной

аналитической форме для нестационарных систем и общего метода решения такого уравнения в частных производных. Кроме того, при наличии ограничений типа неравенств на управляемые воздействия, оптимальное управление, полученное с использованием динамического программирования, становится сложной функцией фазовых координат, что делает его неприменимым в технических системах. В связи с этим в работе используется математический аппарат принципа минимума.

Основная трудность при решении задачи синтеза оптимальных систем управления по квадратичному функционалу качества состоит в выявлении связи вспомогательной переменной $\bar{p}^*(t)$ и состояния $\bar{x}^*(t)$, которая в случае линейных нестационарных систем (ЛНС) приводит к решению нелинейного нестационарного матричного дифференциального уравнения Риккати в обратном времени [2]. Кроме того, техническая реализация оптимального закона управления с переменной матрицей усиления весьма затруднительна.

Связь между $\bar{p}^*(t)$ и $\bar{x}^*(t)$ может быть определена с помощью фундаментальной матрицы решения системы канонических уравнений. Для ЛНС аналитическое выражение для фундаментальной матрицы в общем случае получить невозможно. В работах [3,4] предлагается находить фундаментальную матрицу системы линейных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами приближенно, воспользовавшись разложениями в ряды по различным системам линейно-независимых функций. Матрицу переходов в дальнейшем используют для получения закона оптимального управления ЛНС по квадратичному функционалу качества.

Для получения оценок переменных коэффициентов дифференциальных уравнений применяют различные прямые методы, среди которых наибольшую популярность приобрели следующие методы: наименьших квадратов и различные его варианты, дифференциальной аппроксимации, стохастической аппроксимации, последовательного интегрирования и др. Каждый из них имеет свои преимущества и

недостатки, но все они применимы в случае принятия предположения о квазистационарности изменения параметров ОУ. Здесь основная трудность состоит в разбиении исследуемого интервала на подынтервалы постоянства параметров, длительность которых обычно подбирается в зависимости от заданной точности аппроксимации с помощью ЭВМ многократным повторением решения при различных вариантах дробления данного интервала. Однако, при наличии значительного числа переменных коэффициентов эта процедура оказывается весьма длительной. Одно из решений данной проблемы состоит в адаптивном подходе к определению рабочих подынтервалов. Кроме того, при изменении режимов функционирования объекта может нарушаться условие квазистационарности параметров, поэтому полученные разбиение интервала и оценки параметров не позволяют получить достоверных результатов при дальнейшем использовании такой модели в алгоритмах управления.

Точность и достоверность результатов может быть существенно повышена, если на интервале наблюдения процесса динамические характеристики объекта аппроксимировать конечными суммами ортогональных функций. При синтезе получаемых таким методом моделей основная задача – выбор определенной системы аппроксимирующих функций и определение числа коэффициентов, от которых в основном зависит требуемая точность аппроксимации динамических характеристик объекта. Такие модели имеют высокую эффективность, так как структура их несложна, они просто реализуются на ЭВМ, обладают большой гибкостью и универсальностью, достаточной точностью аппроксимации.

Синтез оптимального регулятора состояния

Оптимальный закон управления для данной задачи также может быть получен на основе принципа максимума и определен в виде

$$\bar{u}^*(t) = -R^{-1}(t)B^T(t)\bar{p}^*(t) \tag{5}$$

В силу $R(t) > 0$ управление (5) доставляет единственный минимум гамильтониану для ЛНС вида (1) и соответствующего функционала (4)[2].

При оптимальном управлении (5) упрощенное каноническое уравнение для $\bar{x}^*(t)$ и $\bar{p}^*(t)$ в данном случае имеет вид

$$\begin{bmatrix} \dot{\bar{x}}^*(t) \\ \dot{\bar{p}}^*(t) \end{bmatrix} = M(t) \begin{bmatrix} \bar{x}^*(t) \\ \bar{p}^*(t) \end{bmatrix}, \tag{6}$$

где $M(t)$ - матрица размера $2n \times 2n$, имеющая блочную структуру

$$M(t) = \begin{bmatrix} A(t) & -B(t)R^{-1}(t)B^T(t) \\ -Q(t) & -A^T(t) \end{bmatrix}.$$

Общие граничные условия могут быть получены с помощью заданного начального состояния $\bar{x}^*(t_0) = \bar{x}^{(0)}$. Оставшиеся граничные условия получаются с использованием условий трансверсальности, которые в данной задаче имеют вид

$$\bar{p}^*(T_f) = F\bar{x}^*(T_f), \tag{7}$$

Пусть $\Omega(T_f, t)$ - матрица переходов состояний уравнения (6) размера $2n \times 2n$, которая может быть представлена в виде блочной матрицы

$$\Omega(T_f, t) = \begin{bmatrix} \Omega_{11}(T_f, t) & \Omega_{12}(T_f, t) \\ \Omega_{21}(T_f, t) & \Omega_{22}(T_f, t) \end{bmatrix}.$$

Из основного соотношения

$$\begin{bmatrix} \bar{x}^*(T_f) \\ \bar{p}^*(T_f) \end{bmatrix} = \Omega(T_f, t) \begin{bmatrix} \bar{x}^*(t) \\ \bar{p}^*(t) \end{bmatrix},$$

учитывая (7), получим

$$\bar{p}^*(t) = \{[\Omega_{22} - F\Omega_{21}]^{-1}[F\Omega_{11} - \Omega_{21}]\} \bar{x}^*(t) = L(t)\bar{x}^*(t). \tag{8}$$

Подстановка соотношения (8) в (5) позволяет записать закон оптимального управления следующим образом:

$$\bar{u}^*(t) = -C(t)\bar{x}^*(t), \tag{9}$$

где изменяющаяся во времени матрица усиления $C(t)$ размера $m \times n$ имеет вид

$$C(t) = R^{-1}(t)B^T(t)L(t). \tag{10}$$

Так как $R(t)$, $B(t)$ заданы, то для определения $C(t)$ необходимо найти фундаментальную матрицу $\Omega(T_f, t)$.

Матрица $\Omega(T_f, t)$ удовлетворяет решению уравнения состояния

$$\Omega(T_f, t) = -\Omega(T_f, t)M(t), \quad (11)$$

где $\Omega(T_f, T_f) = I$.

Для решения уравнения (11) воспользуемся математическим аппаратом функций Уолша[5]. Пусть имеются все необходимые приближения в ряд Уолша. Интегрируя назад уравнение (11) от T_f до t , получим

$$\Omega(T_f, t) - I = -\int_{T_f}^t \Omega(T_f, t')M(t')dt'. \quad (12)$$

Обозначим подынтегральное выражение в (12) как $D(t) = \Omega(T_f, t)M(t)$.

Здесь $D(t) = \{d_{ik}(t)\}$ - матрица размера $2n \times 2n$, элементы которой с учетом аппроксимаций рядами Уолша матриц $M(t), \Omega(T_f, t)$ вида

$$M(t) \approx \begin{bmatrix} \bar{m}^{-(1)T} & \Lambda & \bar{m}^{-(1,2n)T} \\ \bar{m}^{-(2n,1)T} & \Lambda & \bar{m}^{-(2n,2n)T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{\varphi}_R(t) & \Lambda & 0 \\ \bar{M} & \bar{O} & \bar{M} \\ 0 & \Lambda & \bar{\varphi}_R(t) \end{bmatrix},$$

$$\Omega(T_f, t) \approx \begin{bmatrix} \bar{\omega}^{-(1)T} & \Lambda & \bar{\omega}^{-(1,2n)T} \\ \bar{\omega}^{-(2n,1)T} & \Lambda & \bar{\omega}^{-(2n,2n)T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{\varphi}_R(t) & \Lambda & 0 \\ \bar{M} & \bar{O} & \bar{M} \\ 0 & \Lambda & \bar{\varphi}_R(t) \end{bmatrix} \quad (13)$$

где $\bar{\varphi}_R(t) = \{\varphi_0(t), \dots, \varphi_r(t), \dots, \varphi_{R-1}(t)\}$ - R-мерный вектор постоянных коэффициентов ряда Уолша известных функций $m_{ij}(t); \bar{\omega}^{-(ij)T} = \{\omega_0^{(ij)}, \dots, \omega_r^{(ij)}, \dots, \omega_{R-1}^{(ij)}\}$ - R-мерный вектор постоянных неизвестных коэффициентов ряда Уолша искомым функций $\omega_{ij}(T_f, t)$, и свойств системы функций Уолша, можно определить следующим образом:

$$d_{ik}(t) = \sum_{j=1}^{2n} \bar{\omega}^{-(ij)T} \bar{\varphi}_R(t) \bar{m}^{-(jk)T} \bar{\varphi}_R(t) = \sum_{j=1}^{2n} \bar{d}_j^{(ik)T} \bar{\varphi}_R(t) = \bar{d}^{(ik)T} \bar{\varphi}_R(t).$$

Здесь $\bar{d}_j^{(ik)T} = \{d_{j,0}^{(ik)}, \dots, d_{j,r}^{(ik)}, \dots, d_{j,R-1}^{(ik)}\}$ - R-мерный вектор постоянных коэффициентов, определяемый как

$$d_{i,r_1}^{(ik)} = \sum_{r=0}^{R-1} \omega_r^{(ij)} m_{r \oplus r_1}^{(jk)}, \quad (r_1 = \overline{0, R-1});$$

$\bar{d}^{(ik)T} = \{d_0^{(ik)}, \dots, d_r^{(ik)}, \dots, d_{R-1}^{(ik)}\}$ - R-мерный вектор постоянных коэффициентов, элементы которого могут быть определены как

$$d_r^{(ik)} = \sum_{j=1}^{2n} d_{j,r}^{(ik)} \quad (r = \overline{0, R-1}).$$

Тогда матрица $D(t)$ может быть определена в виде

$$D(t) \approx \begin{bmatrix} \bar{d}^{-(1)T} & \Lambda & \bar{d}^{-(1,2n)T} \\ \bar{M} & \bar{O} & \bar{M} \\ \bar{d}^{-(2n,1)T} & \Lambda & \bar{d}^{-(2n,2n)T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{\varphi}_R(t) & \Lambda & 0 \\ \bar{M} & \bar{O} & \bar{M} \\ 0 & \Lambda & \bar{\varphi}_R(t) \end{bmatrix} \quad (14)$$

Подставим (11),(13),(24) в уравнение (12). Используя соотношение

$$\int_0^x \bar{\varphi}_N(x') dx' \approx P_{(N \times N)} \bar{\varphi}_N(x)$$

для приближенного интегрирования в обратном времени и выражение

$$P_{(N \times N)} = \begin{bmatrix} 1/2 & & & & \\ & 0 & -2/N I_{(N/8)} & -1/N I_{N/4} & -1/2N I_{N/2} \\ & 2/N I_{(N/8)} & O_{(N/8)} & & \\ & & 1/N I_{(N/4)} & O_{(N/4)} & \\ & & & 1/2N I_{N/2} & O_{(N/2)} \end{bmatrix}$$

для операционной матрицы обратного интегрирования, которая с учетом рассматриваемого интервала времени $[t_0, T_f]$ может быть определена как

$$Q_{(R \times R)} = (T_f - t_0) Q_{(R \times R)},$$

получим

$$\begin{bmatrix} \bar{\omega}^{-(1)T} & \bar{L} & \bar{\omega}^{-(1,2n)T} \\ \bar{M} & \bar{O} & \bar{M} \\ \bar{\omega}^{-(2n,1)T} & \bar{L} & \bar{\omega}^{-(2n,2n)T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{\phi}_R(t) & \bar{L} & 0 \\ \bar{M} & \bar{O} & \bar{M} \\ 0 & \bar{L} & \bar{\phi}_R(t) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \bar{e}^{-(1)T} & \bar{L} & 0 \\ \bar{M} & \bar{O} & \bar{M} \\ 0 & \bar{L} & \bar{e}^{-(2n,2n)T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{\phi}_R(t) & \bar{L} & 0 \\ \bar{M} & \bar{O} & \bar{M} \\ 0 & \bar{L} & \bar{\phi}_R(t) \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \bar{d}^{-(1)T} & \bar{L} & \bar{d}^{-(1,2n)T} \\ \bar{M} & \bar{O} & \bar{M} \\ \bar{d}^{-(2n,1)T} & \bar{L} & \bar{d}^{-(2n,2n)T} \end{bmatrix} \otimes Q_{(R \times R)} \begin{bmatrix} \bar{\phi}_R(t) & \bar{L} & 0 \\ \bar{M} & \bar{O} & \bar{M} \\ 0 & \bar{L} & \bar{\phi}_R(t) \end{bmatrix}$$

Приравнявая коэффициенты при $\bar{\varphi}_R(t)$ в обеих частях уравнения, получим

$$\begin{aligned} \bar{\omega}^{(ii)T} - \bar{e}^{(ii)T} &= -\bar{d}^{(ii)T} Q_{(R \times R)}, \quad i = k, \\ \bar{\omega}^{(ik)T} &= -\bar{d}^{(ik)T} Q_{(R \times R)}, \quad i \neq k \quad (i, k = \overline{1, 2n}). \end{aligned} \quad (15)$$

Уравнения (15) представляют собой систему $2n \times 2n \times R$ линейных алгебраических уравнений, которые используются для определения неизвестных коэффициентов разложения $\omega_r^{(ik)}$ ($r = \overline{0, R-1}$), ($i, k = \overline{1, 2n}$) элементов переходной матрицы $\Omega(T_f, t)$ в ряд Уолша.

Далее получим закон оптимального управления. Для этого запишем $L(t)$ размера $n \times n$, входящую в матрицу усиления $C(t)$, на основе полученных коэффициентов разложения в ряд Уолша элементов матрицы $\Omega(T_f, t)$ из уравнений (15) в виде

$$\begin{aligned} l_{ij}(t) &\approx \sum_{r=0}^{R-1} l_r^{(ij)} \varphi_r(t) \quad (i, j = \overline{1, n}), \quad L(t) \approx \sum_{r=0}^{R-1} L_r \varphi_r(t), \\ L_r &= \{l_r^{(ij)}\} \quad (r = \overline{0, R-1}). \end{aligned} \quad (16)$$

Подстановка в уравнение (10) соотношений (16) и коэффициентов $A(t)$, $B(t)$ и $R(t)$, представленных рядами Уолша[5], позволяет определить матрицу усиления оптимального управления (9) в терминах функций Уолша в следующем виде:

$$C(t) \approx \sum_{r=0}^{R-1} R_r^{-1} B_r^T L_r \varphi_r(t) \quad (17)$$

Пример реализации оптимального регулятора

Алгоритм синтеза матрицы усиления оптимального закона управления покажем на примере решения задачи стабилизации ЛНС первого порядка

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= tx(t) + u(t), \quad x(0) = 1, \quad t \in [0, 1] \\ &\text{с квадратичным функционалом} \\ I &= 1/2 \int_0^1 [x^2(t') + u^2(t')] dt', \end{aligned}$$

для которой возможно аналитическое решение.

Оптимальный закон управления в этом случае имеет вид

$$u^*(t) = -c(t)x^*(t).$$

Для получения необходимых аппроксимаций в ряды Уолша выбрано четыре функции $-R=4$. Полученные значения кусочно-постоянного коэффициента усиления $c(t)$ представлены на рис. 1 (кривая 1).

Коэффициент усиления $c(t)$ для рассматриваемой системы и функционала в данном случае может быть получен также из уравнения Риккати (кривая 2)

$$\dot{c}(t) = c^2(t) - 2tc(t) - 1, \quad c(1) = 0.$$

Результат сравнения позволяет установить, что использование функций Уолша для получения коэффициента усиления оптимального закона управления дает удовлетворительный результат даже при $R=4$. управление компоновкой электронного аппарата.

Заключение

Таким образом, на основе принципа максимума выявлена структура оптимального регулятора состояния. Для установления связи между вспомогательным вектором $\bar{p}^*(t)$ и вектором состояния $\bar{x}^*(t)$ используется фундаментальная матрица системы упрощенных канонических уравнений. Нахождение фундаментальной матрицы осуществляется с использованием математического аппарата функций Уолша.

Это позволяет получить приближенное представление искомой матрицы в виде рядов Уолша, постоянные коэффициенты которых определяются путем решения системы алгебраических уравнений. В результате применения такого подхода матрица усиления оптимального закона управления также определяется в терминах функций Уолша.

Так как элементы матриц оптимального закона управления являются кусочно-постоянными функциями, это значительно упрощает их реализацию по сравнению с нестационарными матрицами усиления, полученными на основе решения уравнения Риккати только для частных случаев нестационарных систем.

Предложенный подход может быть обобщен и на случай оптимального управления при неизвестных коэффициентах объекта управления с использованием предложенной авторами в

работах [6,7] параметрической сплайн-идентификации.

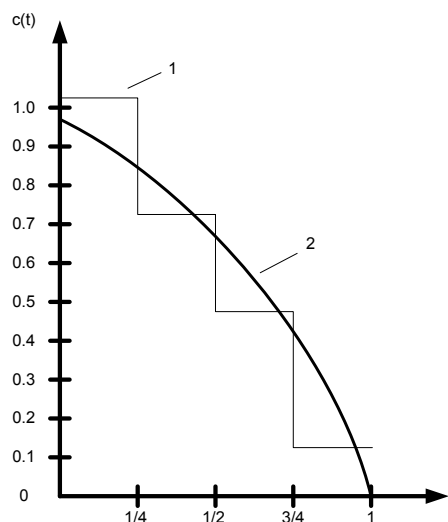


рис. 1. Значения кусочно-постоянного коэффициента усиления $c(t)$

Литература

1. Пупкова К.А., Егупова Н.Д. Нестационарные системы автоматического управления: анализ, синтез и оптимизация. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 632с.
2. Атанс М., Фалб П. Оптимальное управление. – М.: Машиностроение, 1968. – 764 с.
3. Shin D.H., Chukung F. Analysis and parameter estimation of a Scaled system via shifted legendre polynomials // Int. g. Syst. Sci. – 1986. – v.17. – № 3. – P.400-408.
4. Chang Y.F. Analysis and identification distributed systems via double general polynomials // Int. g. Contr. – 1986. – P. 395-405
5. Chen C.F. Walsh series analysis in optimal

control / Chen C.F., Hsiao C.H. // Int. g. Contr. – 1975. – v.21.-№6. – P.881-897.

6. Стенин А.А., Мелкумян Е.Ю., Писаренко Ю.В., Солдатова М.А. Адаптивная параметрическая сплайн-идентификация линейных нестационарных систем // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Адаптивні системи автоматичного управління» – Днепропетровск. «Системные технологии», 2014. – Вип. 1(24). С. 113-121.

7. Стенин А.А., Ткач М.М., Мелкумян Е.Ю. Обобщенный алгоритм идентификации линейных динамических систем на базе сплайн-функций и функций Уолша // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Адаптивні системи автоматичного управління» – Днепропетровск. «Системные технологии», 2012. – Вип. 20(40). С. 131-136.

SYNTHESIS OF OPTIMAL STATE REGULATOR OF NONSTATIONARY SYSTEMS BASED ON WALSH FUNCTIONS

Alexandr STENIN, Vladimir BURLAKOV, Valeriy KURBANOV, Mariya SOLDATOVA

National Technical University of Ukraine "Kyiv Politechnic Institute"

e-mail: valeriy.kurbanov@gmail.com

Abstract: Decides linearly - square problem of optimization in which for finding of a fundamental matrix it is offered to use mathematical apparatus of the Walsh functions. It allows to receive the approached representation of a required matrix in the form of Walsh's ranks which constant coefficients are defined by a solution of system of the algebraic equations that gives the chance to realize the closed optimum law of management in an analytical look.

Keywords: quasistationarity, integrated square functionality, Riccati equation, fundamental matrix, Walsh function, closed-loop optimal control.

VEHICLE DIAGNOSTICS THROUGH WEB ENVIRONMENT

Vasil PENCHEV

Technical University of Sofia, Faculty of Mechanical Engineering, Sofia, Bulgaria
e-mail: vasil_penchev@tu-sofia.bg

Abstract: The diagnostics is very important. Vehicle diagnostics is necessary for the maintenance and problem solving. Now it is impossible to make diagnostics of the car without specialized tools and if the problem is occurring on the road the road assistance can't solve the problem, because very often the problem is related to the sensors or actuators and they are unavailable. In the paper author proposes the method for distance diagnostics using vehicle computers, road "D points" and wireless technology.

Key words: vehicle; diagnostics; wireless technology; road assistance

1. INTRODUCTION

The diagnostics is very important all around the world in the fields of technical objects and systems. Using diagnostics it is possible to take effective decisions for important works and procedures which influence on the working conditions of the machines. The diagnostics is very important also for the vehicles - for the work of their managing systems, their movement and etc.

In the field of vehicle maintenance very important is an act of the diagnostics. Diagnostics is a complex procedure giving a way for detection, finding and solving technical problems in vehicles and their technical and managerial systems [3]. The worldwide practice in vehicle maintenance is to make a diagnostics only in the workshops, and if the problem is occur on the road its solving will be difficult and will take more time. In the same conditions (if the problem suddenly appears on the road), only the road assistance service is responsible to solve the problem. Information for the occurred fault is unknown, and the staff of the service does not have responsibility for the fault removing.

The useful decision can be "road D point" - road Diagnostic point – point for wireless diagnostics on the road. The road assistance service team, which covers these fields of the way, will have continuous communication with this road "D point". Using wireless technologies the communication between vehicle electronic control unit (ECU), road "D point" and road assistance team is possible, reliable, and

stable. The describing idea is: at any moment the vehicle ECU module generates information for the vehicle systems condition – current status of the sensors and actuators and working of them, available faults and omissions. This information (from the ECU) can be sent through wireless network connection to the "road D point" module (RDPM) and the information from ECU has been received and stored in the RDPM. The contact center of the road assistance service has continuous connection with the RDPM-s on the road. The received information in RDPM has been read and the current status of the vehicle will be revealed.

2. SYSTEMS, DIAGNOSTICS, WIRELESS COMMUNICATION

2.1 Systems

In [1] the definition for a vehicle is a machine with wheels and engine. Using more precise terminology the cars, buses and trucks are road vehicles. The road vehicles have different systems – mechanical, electrical, electronic and mechatronic. The relation between them manages the vehicle and facilitates the work of the driver. On the fig. 1 is shown an exercise of electrical systems in the vehicle. These systems communicate between them using more than 2500 signals, and could be followed by more than 70 ECU-s [5]. The signals are moving in the vehicle wire network through different types of bus systems: Local Interconnect Network (LIN), Controller Area Network (CAN), FlexRay, Media Oriented System

Transport (MOST) and Bluetooth. Each bus system has its advantages and disadvantages. For spanning of automotive bus systems, usage of bridges or gateways is requiring. It is necessary to transfer information between each other. Gateways read and write all the different physical interfaces and manage the protocol conversion, error protection and message verification. Gateways also include sending, receiving and/or translation capabilities. Super gateways interconnect all existing bus systems, local gateways link only two different bus systems together. Therefore, super gateways require some kind of sophisticated software and plenty of computing power in order to accomplish all necessary protocol conversions, whereas local gateways realize only the hard and software conversion between two different bus backbones [7].

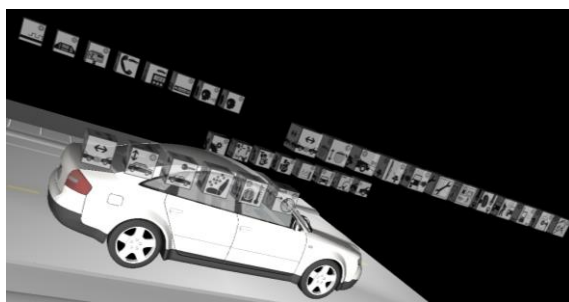


fig.1. The electrical and electronic systems in the vehicle

2.2 Diagnostics

Diagnostics is a process of tracing of faults by means of its symptoms, analysing test results and/or applying knowledges [3].

Problem finding process in condition of fault availability in automobile memories is easy, if the person who makes diagnostics has enough knowledge (the understanding of a system that is required to diagnose faults). The knowledge can be dividing in two main parts: the first one is the understanding of the system in which the problem exists and second one is the ability to apply a logical diagnostic routine. It is also important to be clear about two definitions:

symptom - what the user/operator/repairer of the system (vehicle or whatever) notices;

fault - the error in the system that causes the symptom.

Diagnostic report is a standard format for presentation of results after checking of systems and their parts.

About diagnostics an important note is that the general principles or techniques can be and also must be applied to any systems [2]. As far as heavy or light vehicles are concerned then this is definitely the case. As discussed earlier, there is a need for knowledge of the particular system, but diagnostic skills are transferable.

2.3 Wireless communications

The communications through wireless networks are useful in the contemporary aspect. They have more advantages and their usage is worldwide. Also wireless technology remains the most exciting area in telecommunications and networking, thanks to its continuous and very fast evolution. The wireless communications suggest more possibilities to change the landscape of communications.

The development of cars with digital services creates the need for local communication between objects.

Gateways integrate wireless access (Wi-Fi, Bluetooth, etc.) to provide easily installable services.

Most of the objects will have access to several interfaces of communications (GPRS, Wi-Fi, Bluetooth) in order to be able to combine the services offered on every domain. The next step is the “always best connected” concept, assuming that a single object could discover the favorite network and use it transparently for the service required at any time and in any location.

The specific applications require new networks that can efficiently discover and communicate with transient neighbours – sensors, actuators and etc. The sensors, captors, and actuators will surround us and the assistants should be able to get the information across in time to provide useful enhanced services. Many of those tiny objects will have at their disposal very low energy capacity, and the choice for the optimal system design is still an open issue [4].

3. GENERAL SCHEME FOR WEB BASED VEHICLE DIANOSTICS

As it is already known the diagnostics is a very important act for the road vehicles (passengers, heavy duty and not only). It is known also that the information from the managing systems in the vehicle flows through a different buses. This information is processes in the system ECU's and it is stored in the memory. For the needs of this research we need only the fault memory (see on fig. 2).

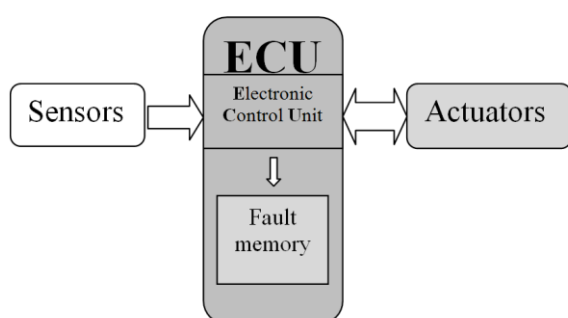


fig.2. Relations between elements of a vehicle electronic system

The informational data flows which manage the systems and make relations between them give current status (information about) the condition of the systems and their parts. If in the system (or in its parts – sensors, actuators or control units) a problem exists, this fault will be occurred and it will be stored in the fault memory contained information for the problem (malfunction or defect). The normal work conditions in the system will be impaired and the yellow “check” lamp on the dashboard will light on.

If the driver of the vehicle doesn't have enough knowledge about the vehicle and the vehicle systems, the driver's reaction will be spontaneous and it can be a reason for an occurrence of vehicle crash accident. The so called “yellow lights” –as known “Check engine” “ABS”, “Cruise control”, “low tire pressure” and etc. (see on fig.3) are warning lights which meanings approximately are “drive the vehicle to the nearest workstation”. It is possible to make diagnostics using specialized tools instruments and the rea-

sons for the problem to be found and the problem to be solved.



fig.3. A few “yellow” warning lights on the dashboard

In the same way of meanings after fault occurrence is possible to lights on a red warning light (fig.4). If red light lights on it, it means that it is necessary to stop the engine and/or vehicle and to call road assistance team.



fig.4. A few “red” warning lights on the dashboard

In both situations the information which is necessary about vehicle conditions is very important:

- if the “yellow” light lights, the team will have enough time for preparation for the repair in the same time of vehicle movement to the workshop station;
- if the “red” light lights the team will have enough information for the problem and for the necessary spare parts and the team will be ready for the problem solving on the road.

The common idea proposed in the paper is: after fault in a vehicle system in the ECU fault memory is detected, all data for this malfunction will be stored. In the vehicle ECU it will generate file with these data using XML and the file with fault information will be send through Wi-Fi (IEEE 802.11) to the road diagnostic point module (RDPM) which is positioned in a road diagnostic point. RPDM routing the information about the vehicle conditions to the database server. The server is connected to the RPDM with network data transfer technology using global network “Internet” (or another technology e.g. 2G, 3G, 4G, 5G, 6G, Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee). In the database store Web server all files with information for the vehicle conditions are accessible through Internet. This access will be helpful for the service staff who

works in the area covered from relevant road “D” point (points). The scheme of the system is shown on the fig. 5.

For realisation of the data sending from the ECU fault memory to the RPDM is necessary to adapt Wi-Fi sending module in the vehicle. This module can be used for other cases – connection between vehicles, connection with other tools and support points [7]. That is why the vehicle system ECU architecture will be as it is shown on fig 6. The current conditions of vehicle system will be stored in XML file, which file has been generated in the ECU fault

memory. XML files are easy for reading and they can write in themselves more data.

The main parts of the ECU are shown on fig. 7 and fig.8 [6]. It is visible, in these figures, that there is a possibility for implementation of the idea given on fig. 5. The XML file will be created in the memory of the ECU. In which type of memory it is better to be created the XML fault file this is a task for the engineering staff of automobile manufacturers.

Why XML file?-because XML means eXtensible Markup Language – it gives extensible possibilities for data writing, easy created and also easy managed. XML has tree (hierarchic) structure.

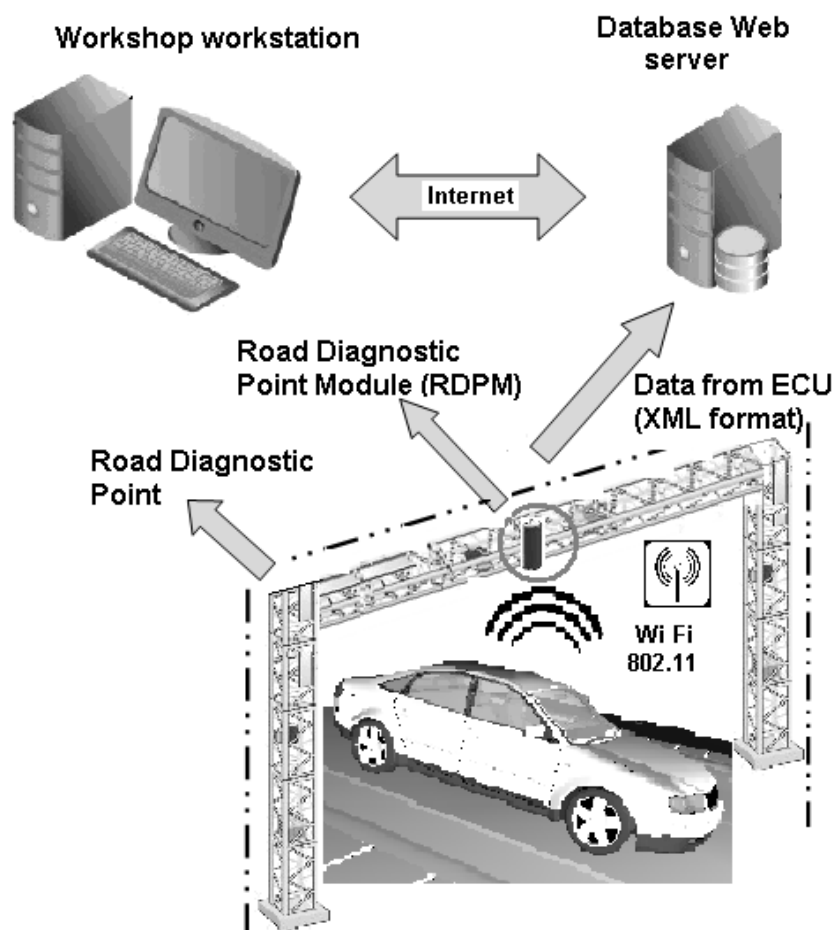


fig.5. General scheme of the proposed system

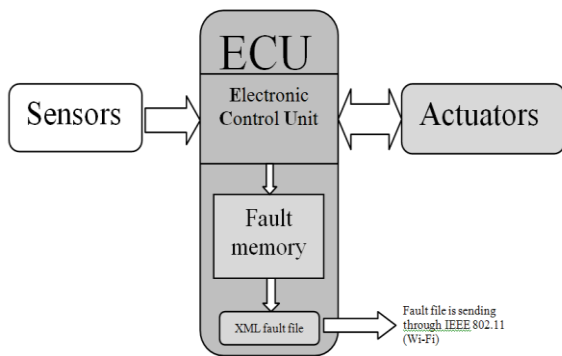


fig.6. General scheme of ECU with fault sending module

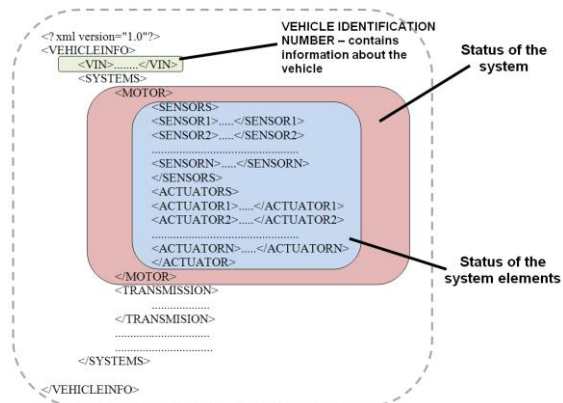


fig.9. XML structure of the needed information

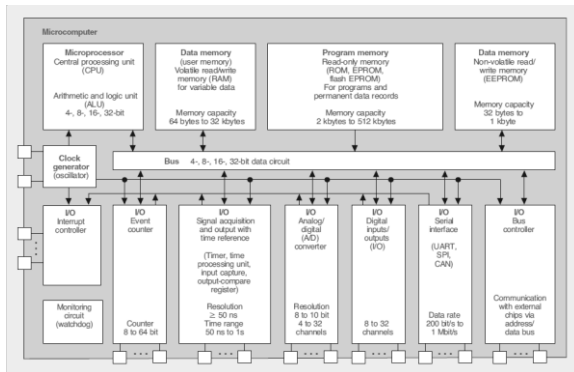


fig.7. ECU microcontroller [6]

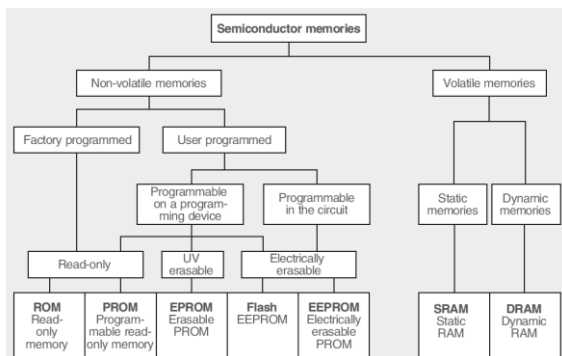


fig.8. Memories in the ECU [6]

The XML model of the fault file can have the following structure (see on fig.9).

4. CONCLUSION

In the paper author proposes an approach for web based vehicle diagnostics. Using internet, XML and data from the vehicle ECU, a fault file preparation is easy. A fault file is a file with current conditions of the system elements. The proposed idea has been applicable in the road assistance services and in cases of malfunction availability on the road in places without urbanized territories and not only. The idea discussed here is privy to the development of new way for making easier diagnostics and repairing of vehicle spending time and money regarding to save the environment and to increase economic impact in terms of resources - humans, energy and time.

References

1. Cambridge Advanced Learner's Dictionary, Cambridge University Press, 3rd ed., (2008)
2. **T. Denton. (2004).** Automobile electrical and electronic systems, Elsevier, Oxford, 3rd ed.
3. **T. Denton. (2006).** Advanced automotive fault diagnosis, Elsevier, Oxford, 2nd ed.
4. **H. Laboid, H. Afifi, C. DeSantis. (2007).** Wi-Fi™ Bluetooth™ ZigBee™ WiMax™, Springer, Dordrecht
5. **C.J. Sjostedt. (2009).** Modeling and Simulation of Physical Systems in a Mechatronic Context, Doctoral thesys, Stockholm
6. Robert Bosch GmbH Ed. (2014). Bosch automotive electrics and automotive electronics, Springer Vieweg, Plochingen, 5th ed.
7. **M. Wolf, A. Weimerskirch, C. Paar. (2006).** Secure In-Vehicle Communication, Springer

ДИНАМИЧЕН МОДЕЛ НА ПРОСТРАНСТВЕНИТЕ СВОБОДНИ ЗАТИХВАЩИ ТРЕПТЕНИЯ НА АВТОМОБИЛ С КОЛЕСНА ФОРМУЛА 8X8

Деян ЖЕЛЕВ

катедра „Механика”, Технически университет - София, филиал Пловдив, България

e-mail: hidro_eood@abv.bg

Резюме: В тази статия е представен динамичен модел с който се изследват свободните затихващи трептения на автомобил с колесна формула 8x8. В моделът са включени 11 идеално твърди тела с 21 степени на свобода. Определена е дисипативната функция на всички демпфиращи елементи на механичната система. Изведена е системата свързани диференциални уравнения на пространствените свободни затихващи трептения на автомобила с колесна формула 8x8 и са получени нейни решения – аналитично и с използване на метода на главните координати. Представени са резултати от числено решение на пространствените свободни затихващи трептения на автомобила.

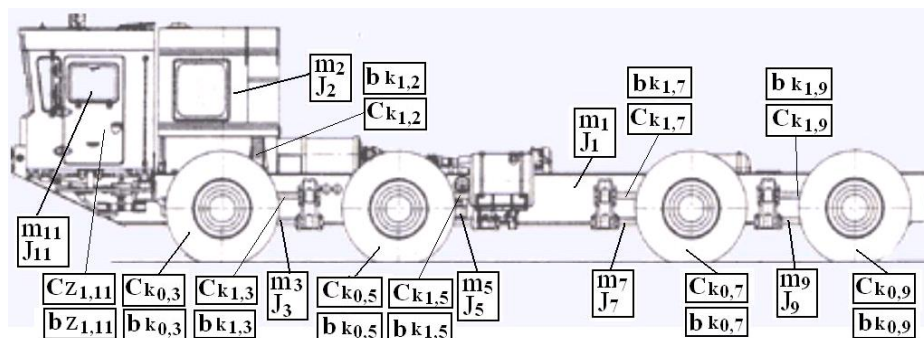
Ключови думи: Пространствени свободни затихващи трептения, автомобили с висока проходимост.

1. ДИНАМИЧЕН МОДЕЛ НА АВТОМОБИЛ С КОЛЕСНА ФОРМУЛА 8X8

На фиг. 1 е представен динамичният модел (ДМ) на автомобил с колесна формула 8x8. В ДМ са включени 11 тела на автомобила. За тях е направено допускането, че те се разглеждат като идеално твърди тела. Тези тела са свързани по между си с кинематични двоици и с еластични и с еластично-демпфиращи елементи. Динамичният

модел на автомобила е с 21 степени на свобода и се дефинира с вектора на обобщените координати. Последният има вида:

$$\mathbf{q} = [x_1 \ y_1 \ z_1 \ \theta_{x1} \ \theta_{y1} \ \theta_{z1} \ x_2 \ y_2 \ z_2 \ \theta_{x2} \ \theta_{y2} \ \theta_{z2} \ \theta_{x3} \ \theta_{x4} \ \theta_{x5} \ \theta_{x6} \ \theta_{x7} \ \theta_{x8} \ \theta_{x9} \ \theta_{x10} \ z_{11} I_{21 \times 1}^T] \quad (1)$$



фиг. 1. Динамичен модел на автомобил с колесна формула 8x8

Еластично-демпфиращите елементи E_k притежават линейна и ъглова еластичност, и линейни и ъглови демпфиращи свойства [1]. Пространствените свободни затихващи трептения се изследват, като се отчита демпфирането в еластичните елементи на ДМ.

Функцията на разсейване (функцията на Рейлей) на еластично-демпфиращите елементи на ДМ се описва с уравнението:

$$\mathbf{F}_b = \frac{1}{2} \mathbf{q}^T \cdot \mathbf{B} \cdot \mathbf{q} \quad (2)$$

Където: $\mathbf{q}_{(2 \times 1)}$ е вектор на обобщените скорости,
 $\mathbf{B} = [b_{i,j}]_{(2 \times 2)}$ е матрица на коефициентите $b_{i,j}$
 на демпфиране на еластичните елементи в ДМ.

2. ДИФЕРЕНЦИАЛНИ УРАВНЕНИЯ НА СВОБОДНИТЕ ЗАТИХВАЩИ ТРЕПТЕНИЯ НА ДМ

Системата свързани диференциални уравнения на пространствените свободни затихващи трептения на автомобилът с колесна формула 8x8 се получава с прилагане на метода на Лагранж от II род. С изразите за кинетичната енергия, потенциалната енергия, енергията на разсейване и обобщените еластични и демпфиращи сили, се получава системата диференциални уравнения за пространствените свободни затихващи трептения на ДМ:

$$\mathbf{M}_{(2 \times 2)} \ddot{\mathbf{q}}_{(2 \times 1)} + \mathbf{B}_{(2 \times 2)} \dot{\mathbf{q}}_{(2 \times 1)} + \mathbf{C}_{(2 \times 2)} \mathbf{q}_{(2 \times 1)} = \mathbf{0} \quad (3)$$

където членовете на матрицата на инерция $\mathbf{M} = [m_{i,j}]_{(2 \times 2)}$ се изчисляват с уравнението:

$$m_{i,j} = \frac{\partial^2 T}{\partial \dot{q}_i \partial \dot{q}_j}; \quad m_{i,j} = m_{j,i},$$

членовете на матрицата на коефициентите на еластичност $\mathbf{C} = [c_{i,j}]_{(2 \times 2)}$ се изчисляват с уравнението:

$$c_{i,j} = \frac{\partial^2 \Pi}{\partial q_i \partial q_j}; \quad c_{i,j} = c_{j,i},$$

членовете на матрицата на коефициентите на демпфиране \mathbf{B} се изчисляват с уравнението:

$$b_{i,j} = \frac{\partial^2 F_b}{\partial \dot{q}_i \partial \dot{q}_j}; \quad b_{i,j} = b_{j,i},$$

T , Π , F_b , са съответно кинетична енергия на ДМ, потенциална енергия на деформация на еластичните елементи в ДМ, дисипативна енергия на еластичните елементи в ДМ, $\mathbf{q}_i, \mathbf{q}_j$ са вектори на обобщените координати, $\dot{\mathbf{q}}_i, \dot{\mathbf{q}}_j$ са вектори на обобщените скорости.

3. РЕШЕНИЕ НА СИСТЕМАТА СВЪРЗАНИ ДИФЕРЕНЦИАЛНИ УРАВНЕНИЯ

Решението на (3) се търси във вида:

$$\mathbf{q} = \mathbf{V} \cdot e^{pt}. \quad (7)$$

След диференциране на това уравнение и заместване в (3) се получава уравнението:

$$(p^2 \cdot \mathbf{M} + p \cdot \mathbf{B} + \mathbf{C}) \mathbf{V} = \mathbf{0} \quad (8)$$

където \mathbf{M} , \mathbf{B} , \mathbf{C} , \mathbf{V} са матрици, които вече са дефинирани.

Пространствените затихващи трептения на ДМ се дефинират от собствените стойности p_r и от собствените вектори \mathbf{u}_r , които в общия си вид са комплексно спрегнати числа. Уравнението на собствените стойности е от вида:

$$p_r = -\alpha_r + i\beta_r \quad (9)$$

Уравнението на собствените вектори е от вида:

$$\mathbf{u}_r = v_r + iw_r \quad (10)$$

където

$$\alpha_r = \sigma_r \cdot \omega_r \quad (11)$$

$$\beta_r = \omega_r \sqrt{1 - \sigma_r^2}$$

σ_r -относителен коефициент на демпфиране; α_r -коефициент на демпфиране; β_r -честота на свободно затихващите трептения; w_r -имагинерна част на собствения вектор, породена от демпфиране на системата; v_r, ω_r -собствени форми и собствени честоти на недемпфираната система.

При изчисляване на α_r и w_r , от матриците \mathbf{V} и \mathbf{B} се образува матрицата:

$$\mathbf{K} = (\mathbf{V}^T \cdot \mathbf{M} \cdot \mathbf{V})^{-1} \cdot (\mathbf{V}^T \cdot \mathbf{B} \cdot \mathbf{V}) = [k_{ik}] \quad (12)$$

(6) За коефициентите на демпфиране се получава зависимостта:

$$\alpha_r = \frac{1}{2} k_{rr} \quad (13)$$

С помощта на матрицата \mathbf{K} се образува матрицата:

$$\mathbf{D} = [d_{ik}] \quad \left| \begin{array}{l} d_{ik} = 0, \text{ при } \omega_i^2 = \omega_k^2 \quad ; \\ d_{ik} = k_{ik} \frac{\omega_k}{(\omega_k^2 - \omega_i^2)}, \text{ при } \omega_i^2 \neq \omega_k^2 \end{array} \right. \quad (14)$$

Матрицата W на имагинерната част на собствените вектори на демпфираната система се изчислява с формулите:

$$W = V.D \quad (15)$$

където:

$$D = [d_{ik}]_{(21 \times 21)} \quad (16)$$

$$V = [v_{rk}]_{(21 \times 21)} \quad (17)$$

Общите решения на системата за собствените стойности p_r и за собствените вектори u_r се получават, като се определят началните условия на движение. При начални условия $t = 0$, $q(0) = q_0$, $\dot{q}(0) = \dot{q}_0$, общите решения на системата диференциални уравнения [4], записани в матричен вид са:

$$q(t) = \sum_{r=1}^{21} \frac{2}{g_r^2 + h_r^2} \left[\begin{array}{c} G_r \cdot M \cdot \dot{q}(0) + \\ (-\alpha_r \cdot G_r \cdot M + \\ \beta_r \cdot H_r \cdot M + \\ G_r \cdot B \end{array} \right] q(0) \cdot e^{-\alpha_r t} \cdot \cos \beta_r t + \sum_{r=1}^{21} \frac{2}{g_r^2 + h_r^2} \left[\begin{array}{c} H_r \cdot M \cdot \dot{q}(0) + \\ (-\alpha_r \cdot H_r \cdot M - \\ \beta_r \cdot G_r \cdot M + \\ H_r \cdot B \end{array} \right] q(0) \cdot e^{-\alpha_r t} \cdot \sin \beta_r t \quad (18)$$

където:

$$g_r = -2 \cdot \alpha_r \cdot (V_r^T \cdot M \cdot V_r - W_r^T \cdot M \cdot W_r) - \quad (19)$$

$$4 \cdot \beta_r \cdot V_r^T \cdot M \cdot W_r + V_r^T \cdot B \cdot V_r - W_r^T \cdot B \cdot W_r; \quad (20)$$

$$h_r = 2 \cdot \beta_r \cdot (V_r^T \cdot M \cdot V_r - W_r^T \cdot M \cdot W_r) - \quad (20)$$

$$4 \cdot \alpha_r \cdot V_r^T \cdot M \cdot W_r + 2 \cdot V_r^T \cdot B \cdot W_r; \quad (21)$$

$$G_r = g_r \cdot L_r + h_r \cdot R_r; \quad (21)$$

$$L_r = V_r \cdot V_r^T - W_r \cdot W_r^T; \quad (22)$$

$$H_r = h_r \cdot L_r - g_r \cdot R_r; \quad (23)$$

$$R_r = V_r \cdot W_r^T + W_r \cdot V_r^T. \quad (24)$$

4. РЕШЕНИЕ НА СИСТЕМАТА СВЪРЗАНИ ДИФЕРЕНЦИАЛНИТЕ УРАВНЕНИЯ ЧРЕЗ МЕТОДА НА ГЛАВНИТЕ КООРДИНАТИ

При наличието на демпфиране в механичната система, преминаването от обобщени в главни координати [5] е възможно, когато в системата диференциални уравнения (3) е изпълнено условието за пропорционалност:

$$B = \alpha \cdot M + \gamma \cdot C \quad (25)$$

при което тя се трансформира във вида:

$$M \cdot \ddot{q} + (\alpha \cdot M + \gamma \cdot C) \cdot \dot{q} + C \cdot q = 0 \quad (26)$$

Като се има предвид условието за преход от обобщени в главни координати, системата диференциални уравнения има вида:

$$V^T \cdot M \cdot V \cdot \ddot{q} + V^T \cdot (\alpha \cdot M + \gamma \cdot C) \cdot V \cdot \dot{q} + V^T \cdot C \cdot V \cdot q' = 0 \quad (27)$$

Като се използва ортогоналността на модалната матрица, за (20) се получава:

$$M_q \cdot \ddot{q} + B_q \cdot \dot{q} + C_q \cdot q = 0 \quad (28)$$

където:

$$M_q = V^T \cdot M \cdot V; \quad (29)$$

$$B_q = V^T \cdot (\alpha \cdot M + \gamma \cdot C) \cdot V \quad (29)$$

$$C_q = V^T \cdot C \cdot V$$

От (28) се получават 21 независими диференциални уравнения във вида:

$$m_{ii} \cdot \ddot{q}_i + b_{ii} \cdot \dot{q}_i + c_{ii} \cdot q_i = 0 \quad (30)$$

което може да се запише:

$$\ddot{q}_i + 2\xi_{ii} \cdot \omega_i \cdot \dot{q}_i + \omega_i^2 \cdot q_i = 0 \quad (31)$$

където

$$\xi_{ii} = \frac{c_{ii}}{m_{ii} \omega_i} \quad (32)$$

Ако системата притежава една собствена честота $\omega_k = 0$, и останалите $\omega_s \neq 0$, уравнения (30) добиват вида:

$$\ddot{q}_k = 0 \quad \text{за } \omega_k = 0, \quad (33)$$

$$\ddot{q}_s + 2\xi_{ss} \cdot \omega_s \cdot \dot{q}_s + \omega_s^2 \cdot q_s = 0 \quad \text{за } \omega_s \neq 0$$

Решенията на диференциалните уравнения (23) при начални условия

$t = 0$, $q'_i(0) = q'_{i0}$, $\Phi_i(0) = \Phi_{i0}$, се търсят във вида:

$$q'_k = q'_{k0} + \Phi'_{k0}t \quad \text{за } \omega_c = 0$$

$$\text{и за } \omega_c \neq 0 \quad (34)$$

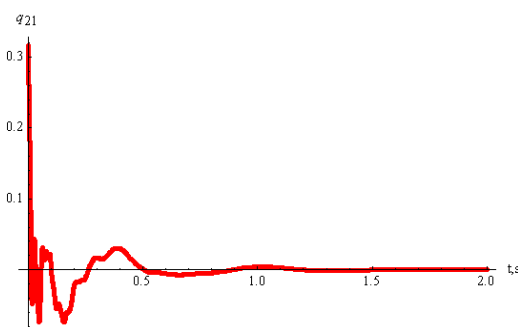
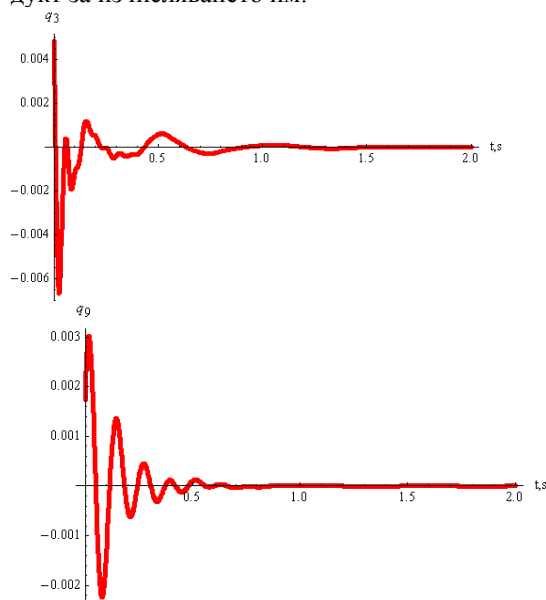
$$q'_s = e^{\xi_{ii}\omega_s t} \left[\begin{array}{l} q'_{s0} \cos \omega_{ds} t + \\ \left(\frac{1}{\omega_{ds}} \right) \left(q'_{s0} + \right. \\ \left. \xi_{ii} \omega_s q'_{s0} \sin \omega_{ds} t \right) \end{array} \right]$$

където

$$\omega_{ds} = \sqrt{1 - \xi_{ii}^2} \quad (35)$$

5. РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗЧИСЛЕНИЯТА НА СВОБОДНИТЕ ЗАТИХВАЩИ ТРЕПТЕНИЯ НА ДВУОСЕН АВТОМОБИЛ С ВИСОКА ПРОХОДИМОСТ

На базата на аналитичните решения на системата диференциални уравнения, описващи пространствените свободни затихващи трептения на двuosния автомобил, е създаден алгоритъм и програма в среда на стандартен програмен продукт за изчисляването им.



фиг. 2 Амплитуди на затихващите трептения по съответните обобщени координати

На фиг. 2 в графичен вид са показани получените резултати за свободните затихващи трептения по съответните обобщени координати.

6. ИЗВОДИ

Създаден е динамичен модел на свободните затихващи трептения на двuosен автомобил с висока проходимост с 21 степени на свобода. Определена е функцията на разсейване на енергията от всички демпфиращи елементи. Изведени са диференциалните уравнения на пространствените свободни затихващи трептения и са дадени решения. Представено е второ решение с използване на метода на главните координати. Представени са резултати от числено решение на пространствените свободни затихващи трептения на двuosния автомобил с висока проходимост.

Литература

1. Ангелов И. Матрична механика Динамика. София, Авангард Прима, 2008.
2. Ангелов И. Матрично моделиране в 3D пространството на кинематиката, динамиката и трептенията на механични модули и многомасови системи. Дисертация за присъждане на научна степен “доктор на техническите науки”, ТУ, София, 2000.
2. Ангелов И., Славов В. Сборник задачи Матрична механика. Динамика и трептения. София, Авангард Прима, 2008.
3. Ангелов И., Бачев В., Ахчийски В. Матрична кинематика на лек автомобил в тримерното пространство, Българско списание за инженерно проектиране. 2012
4. Ангелов И., Бачев В., Николов В. Механо-математично матрично моделиране на пространствените свободни незатихващи трептения на лек авто-

MATHEMATICAL MODELS OF SPATIAL FREE DAMPED OSCILLATION OF THE VEHICLES WITH WHEEL CONFIGURATION 8X8

Deyan ZHELEV
hidro_eood@abv.bg

Abstract: This article presents a mathematical model created free damped vibrations of the vehicles with wheel configuration 8x8 with methods of mechanics in matrix form. The model consists of 11 rigid bodies with 21 degrees of freedom. Determined is the function of a dissipation of all the damping elements of the mechanical system. Displayed is the system of differential equations associated space free damped oscillations of the vehicles with wheel configuration 8X8 and received her decisions - analytically and using the method of main coordinates. The results from a numerical solution of the space free damped oscillations of two-axle vehicle are presented.

Keywords: Spatial free damped oscillations, vehicles with wheel configuration 8x8

РАЗРАБОТВАНЕ И ФУНКЦИОНИРАНЕ НА СХЕМА ЗА СЕРТИФИКАЦИЯ НА ПРОДУКТИ

Боряна ИЛИЕВА

Технически университет - София, България

e-mail: believa@tu-sofia.bg

Резюме: В настоящия доклад се разглежда „процедурата“ за Разработване и функциониране на схема за сертификация на продукти. Тя е особено подходяща за лицата и организациите, които предвиждат създаване на схема, или участват като заинтересована страна (производители, доставчици на услуги, органи за сертификация, клиенти или органи).

Ключови думи: сертификационна схема, оценяване на съответствието, продукт

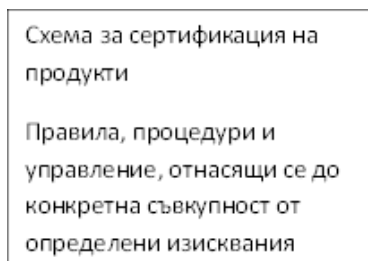
1. УВОД

Взаимовръзка между схема за сертификация на продукти и система за сертификация на продукти.

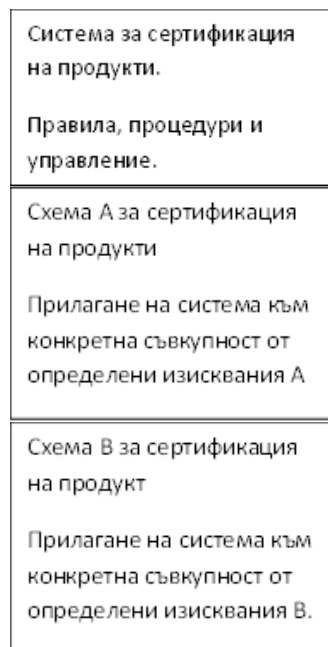
При схемата за сертификация на продукти се прилагат определени правила, процедури и управление, които може да са създадени само за тази схема, или може да са определени в системата за сертификация на продукти, която е приложима за няколко схеми.

Необходимо е винаги да има схема за сертификация на продукти, но определянето на система за сертификация на продукти е необходимо само в отделни случаи, когато същите правила, процедури и управление ще се използват за повече от една схема.

На фигура 1 е показано нагледно каква е взаимовръзката между схема за сертификация на продукти и система за сертификация на продукти.



а) единствена схема за сертификация на продукти



б) система за сертификация на продукти, отнасяща се до няколко схеми

Фигура 1 — Взаимовръзка между схема за сертификация на продукти и система за сертификация на продукти.

2. СОБСТВЕНИК НА СХЕМА

Възможно е да се разграничат следните основни видове собственици на схема:

а) органи за сертификация, които разработват схема за сертификация на продукт за използване само от техни клиенти;

b) организации, като държавни органи или търговски асоциации, които не са орган за сертификация, и които разработват схема за сертификация на продукт, в която участват един или повече органи за сертификация.

Възможно е група от органи за сертификация от различни държави да изработят заедно схема за сертификация.

В този случай ще е необходимо органите за сертификация, като съсобственици на схемата, да създадат управленска структура, така че схемата да може да се управлява ефективно от всички участващи органи за сертификация.

Когато един собственик на схема използва няколко схеми, той може да комбинира общите процедури и управлението в една система за сертификация на продукт.

В този случай собственикът на схема ще се превърне в собственик на системата и ще бъде отговорен за управлението на тази система и на функциониращите схеми в рамките на системата. Необходимо е собственикът на схема следва да бъде юридическо лице.

2.1 Собственикът на схема носи пълна отговорност по отношение на целите, съдържанието и целостта на схемата.

2.1.1. Собственикът на схема поддържа схемата и да предоставя указания, когато се изисква.

2.1.2. Собственикът на схема следва да изгради структура за функциониране и управление на схемата. Собственикът на схема трябва да документира съдържанието на схемата.

2.1.3. Собственикът на схема осигурява разработването на схемата да бъде извършено от компетентни лица както по отношение на техническите аспекти, така и в областта на оценяване на съответствието.

2.1.4. Необходимо е собственикът на схема да предприеме подходящи мерки за опазване на професионалната тайна по отношение на информацията, предоставена от страните, включени в схемата.

2.1.5. Необходимо е собственикът на схема да оценява и управлява рисковете/отговорностите, възникващи от неговите дейности в съответствие с ISO 31000.

2.1.6. Собственикът на схемата е необходимо да разполага с подходящи мерки (застраховки или

резервни фондове), за да покрие задълженията и отговорностите, свързани с неговите дейности. Мерките трябва да са съобразени с обхвата на дейностите и прилаганите схеми, както и с географския район, в който действа схемата.

2.1.7. Собственикът на схема следва да бъде финансово стабилен и да разполага с необходимите ресурси, за да изпълнява своята ролята, свързана с функционирането на схемата.

3. РАЗРАБОТВАНЕ НА СХЕМИ ЗА СЕРТИФИКАЦИЯ НА ПРОДУКТИ

3.1 Схемите за сертификация на продукт могат да се разработват за различни цели.

Тези цели могат да включват схеми, създадени от органи за постигане на резултати, свързани със здравето, безопасността или околната среда. Други схеми могат да имат за цел да подпомагат клиенти и потребители да отличават продуктите, пуснати на пазара, и да вземат решения за закупуване, основани на информация.

3.2 Независимо от целта, необходимо е собствениците на схеми да разбират предпоставките, влиянията и последствията, свързани с разработването, функционирането и непрекъснатото поддържане на схемата.

3.3 При разработване на схема собственикът на схемата следва да разбира ясно целите на схемата и предпоставките, обосноваващи необходимостта от схемата и нейното приемане.

За да се подпомогне този процес, необходимо е собственикът на схемата да идентифицира заинтересованите страни и да търси тяхното мнение и участие в разработването на схемата.

3.4 След като се разработи схемата, собственикът на схемата следва да информира за обществото, за да се гарантира прозрачност, разбиране и приемане.

Препоръчва се собственикът на схемата да осигури регулярен преглед на схемата, включително потвърждение, че тя изпълнява своите цели в съответствие с процес, в който са включени заинтересованите страни.

4. СЪДЪРЖАНИЕ НА СХЕМАТА

В схемата за сертификация на продукт е необходимо да бъдат определени следните елементи:

1) обхват на схемата, включително типа продукти, попадащи в обхвата;

2) изисквания, спрямо които се оценяват продуктите, чрез позоваване на стандарти или на други основни документи; когато е необходимо да се разработят разяснения относно изискванията за избягване на неясноти, препоръчително е разясненията да се формулират от компетентни лица и те да бъдат достъпни за всички заинтересовани страни;

3) подбор на дейностите, подходящи за целите и обхвата на схемата;

4) други изисквания, които клиентът е необходимо да удовлетворява, функционираща система за управление или дейности за контрол на процеса, за да се осигури валидност на доказателството за изпълнение на определените изисквания при производството на сертифицирани продукти;

5) изисквания към органите за сертификация и другите органи за оценяване на съответствието [1], участващи в процеса по сертификация; тези изисквания не трябва да противоречат на изискванията на приложимите стандарти за органите за оценяване на съответствието;

6) дали всички видове органи за оценяване на съответствието, участващи в схемата (лаборатории за изпитване, органи за контрол, органи за сертификация на продукт, органи, извършващи одит на системи за управление на производители) е необходимо да бъдат акредитирани, да участват в оценявания от равностойни органи или да поддържат квалификация по друг начин; в случаите когато схемата изисква органите за оценяване на съответствието да бъдат акредитирани, трябва да се определят съответните изисквания, органът за акредитация да бъде член на споразумение за взаимно признаване между органите за акредитация;

7) методи и процедури, които ще се използват от органите за оценяване на съответствието и от други организации, участващи в процеса по сертификация, за да се осигури последователност на резултата от процеса по оценяване на съответствието;

8) информация, за кандидатстващата организацията за сертификация на органа за сертификация;

9) потвърждението за съответствие (например сертификат), което еднозначно и недвусмислено определя продукта, за който се отнася;

10) условия, при които клиентът може да използва потвърждението за съответствие или знаците за съответствие;

11) ресурси, изискващи се за функционирането на схемата, включително безпристрастност и компетентност на персонала (външен и вътрешен) използване на подизпълнители;

12) начин, по който резултатите от етапите на определяне (оценяване) и надзор следва да се докладват и използват от органа за сертификация и от собственика на схемата;

13) начин на разглеждане и решаване на въпроси, свързани с несъответствия с изискванията за сертификация, включващи изисквания за продукт;

14) процедури по надзор, когато надзорът е част от схемата;

15) критерии за достъп на органите за оценяване на съответствието до схемата и за достъп на клиентите до схемата;

16) съдържание, условия и отговорност за оповестяване на регистър на сертифицираните продукти от органа за сертификация или собственика на схемата;

17) необходимост от договори и съдържанието на договорите, между собственик на схемата и орган за сертификация, собственик на схемата и клиенти, орган за сертификация и клиенти: правата, отговорностите и задълженията на отделните страни следва да бъдат определени в договорите;

18) общи условия за предоставяне, поддържане, продължаване, разширяване на обхвата, намаляване на обхвата, временно прекратяване и отнемане на сертификацията: това включва изисквания за прекратяване на рекламата и връщането на документи за сертификация и всякакви други действия, ако сертификацията е временно прекратена, отнета или прекратена;

19) проверка на записите, свързани с жалби на клиенти, ако е част от схемата;

20) начин, по който клиентите се позовават на схемата в разпространяваните от тях материали;

21) съхраняване на записите от собственика на схемата и органите за сертификация;

4.1 Вземане на извадка.

Където е приложимо, в схемата следва да се определи степента, в която се изисква вземане на извадка от продукта, който ще бъде сертифициран, и на каква основа ще се предприеме вземането на извадка както на етапа на подбор, така и на етапа на надзор. Необходимо е в схемата да бъде определено кога се изисква вземане на извадка и кой може да го извършва.

4.2 Приемане на резултатите от оценяване на съответствието.

В определени случаи клиентите може да са получили резултатите от дейностите по определяне, като изпитване, проверка или одит, преди да подадат заявка за сертификация. В такъв случай резултатът от оценяването на съответствието може да е от източник извън рамките на договорения контрол на органа за сертификация. В схемата трябва да се определи дали и при какви условия тези резултати от оценяването на съответствието могат да се вземат предвид в процеса по сертификация.

4.2.1 Възлагане на дейности по оценяване на съответствието на външни изпълнители.

Ако схемата позволява наемане на външен изпълнител (договор с подизпълнител) за дейности по оценяване на съответствието, като изпитване, контрол или одит, тогава в схемата следва да се включи изискване тези органи да отговарят на приложимите изисквания на съответните международни стандарти. За изпитване те трябва да отговарят на приложимите изисквания на; за контрол те трябва да отговарят на приложимите изисквания на; [2, 4] и за одит на системи за управление те трябва да отговарят на приложимите изисквания на [3]. В схемата е необходимо да се посочи степента, в която се изисква предварително да бъде получено споразумение за наемане на външен изпълнител от собственика на схемата или от клиента, чиито продукти се сертифицират по схемата.

4.2.3 Жалби и възражения към собственика на схемата.

Собственикът на схемата е необходимо да установи процес за разглеждане на жалби и въз-

ражения и да определи кой е отговорен за започването на такъв процес.

Възражения срещу решение на органа за сертификация и жалби относно органа за сертификация следва да се отнасят на първо място към органа за сертификация.

Възражения и жалби, по които не е взето решение от органа за сертификация, или органът за сертификация не може да вземе решение по тях, могат да се отнесат към собственика на схемата.

4.2.4 Предоставяне на лиценз и управление използването на знака.

Когато схемата предвижда използването на сертификати, знаци или други потвърждения за съответствие, трябва да има договор за предоставяне на лиценз или друга форма на споразумение, за да се контролира тяхното използване. Лицензите могат да включват предписания, свързани с използването на сертификата, знака или друг вид потвърждение за съответствие при обмена на информацията относно сертифициран продукт, и изисквания, които следва да бъдат удовлетворени, когато сертификацията вече не е валидна. Такива лицензи може да бъдат между две или повече от следните страни:

- собственик на схемата;
- орган за сертификация;
- клиент на органа за сертификация.

4.2.5 Надзор.

Когато в схемата е включен надзор, необходимо е да бъде определен набор от дейности, които съставляват функциите по надзор. Когато взема решение за съответните дейности по надзора, собственикът на схемата следва да вземе предвид естеството на продукта, последствията и вероятността за несъответстващи продукти, както и честотата на дейностите.

4.2.6 Несъответстващи продукти.

В схемата следва да се определят изисквания, които се прилагат, когато даден продукт вече не удовлетворява изискванията за сертификация, например връщане на продукта или информиране на пазара.

4.2.7 Докладване на собственика на схемата.

Препоръчва се да се определят съдържанието и честотата на докладите. Докладване от този вид може да се използва за подобряване на схемата, за

целите на управление и наблюдение от страна на клиентите на степента на съответствие.

4.2.8 Изпълнение на дейности по схемата от подизпълнители.

Ако собственикът на схемата възложи на подизпълнители всички дейности от схемата или част от тях на друга страна, той следва да има юридически обвързващ договор, в който се определят задълженията и отговорностите на двете страни. Държавен орган, който е собственик на схема, може да възложи на подизпълнители дейности от схемата в съответствие с предписанията на нормативните актове.

4.2.9 Измамни твърдения за сертификация.

Необходимо е да бъдат записвани действията и отговорностите при ситуации, в които се правят измамни твърдения за сертификация съгласно схемата.

4.3 Поддържане и подобряване на схемата.

4.3.1 Преглед на функционирането на схемата.

Собственикът на схема следва да създаде процес за преглед на функционирането на схемата на периодични интервали, за да се потвърждава нейната валидност и да се идентифицират областите, които се нуждаят от подобряване, като се взема предвид обратната информация, получена от заинтересованите страни. Този преглед включва мерки, гарантиращи, че изискванията на схемата се прилагат по последователен начин.

4.3.2 Промени в определените изисквания.

Препоръчва се собственикът на схема да следи за разработването на стандарти и други основни документи, в които се определят конкретни изисквания, използвани в схемата. Когато се установят промени в тези документи, е необходимо собственикът на схемата да има процес, посредством който да се извършат необходимите промени в схемата, както и за управление на изпълнението на промените (например, преходен пе-

риод) от органите за сертификация, от клиентите и, когато е необходимо, от други заинтересовани страни.

4.3.3 Други промени в схемата.

Собственикът на схема следва да създаде процес за управление на внедряването на други промени в правилата, процедурите и управлението на схемата.

4.4 Документация на схемата.

Собственикът на схема следва да създаде, управлява и поддържа документация, свързана с функционирането, поддържането и подобряването на схемата. В документацията е необходимо да бъдат определени правилата и процедурите за работа, свързани със схемата, и по-специално отговорностите за управлението на схемата.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представеният доклад са определени реда за разработване, поддържане и управление на документацията на сертификационни схеми. Определени са правилата и процедурите за работа в различните етапи от сертификационния процес.

Литература

1. БДС EN .ISO/IEC 17067: 2013- Оценяване на Съответствието. Основни принципи на сертификацията на продукти и указания за схеми за сертификация на продукти
2. .ISO/IEC 17020, Conformity assessment — Requirements for the operation of various types of bodies performing inspection.
3. ISO/IEC 17021 (all parts), Conformity assessment — Requirements for bodies providing audit and certification of management systems.
4. ISO/IEC 17025, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories

DEVELOPMENT AND FUNCTIONING OF THE SCHEME FOR CERTIFICATION OF PRODUCTS

Boryana Ilieva

Technical University-Sofia, Bulgaria

e-mail: bilieva@tu-sofia.bg

Abstract: This report examines the 'procedure' for the development and functioning of the scheme for product certification. It is especially suitable for persons and organizations that provide for the establishment of a scheme or participate as stakeholders (manufacturers, service providers, certification bodies, clients or authorities).

Keywords: certification scheme conformity assessment product

АНАЛИЗ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ЗА УСЪВЪРШЕНСТВАНЕ НА ФУНКЦИОНАЛНИТЕ ВЪЗМОЖНОСТИ НА УСТРОЙСТВАТА ПО СТАНДАРТА IEEE1616 И СИСТЕМАТА eCALL

Марин АЛДИМИРОВ

докторант към катедра „Радиокомуникации и видеотехнологии”, Технически университет - София, България
e-mail: m.aldimirov@gmail.com

Георги СТАНЧЕВ

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

Резюме: В статията са представени данни на Световната здравна организация за негативните тенденции и последствията от пътните инциденти. Описани са предприетите действия в световен мащаб за намаляване на последиците – анализ на инцидентите и начини за да постигане на по-правилна и бърза реакция от спасителните екипи, което да допринесе за спасяването на повече хора. Анализирани са основни моменти от: стандартът IEEE1616, който е разработен от Американския национален институт по стандартизация; проект Veronica II, който е одобрен от Европейската комисия; системата eCall, която се внедрява в рамките на Европейския съюз по проектите HeERO, HeERO2 и I_HeERO. Направени са конкретни предложения за усъвършенстване на тези системи, които са реализирани в разработеното от колектива на ТУ-София IVS устройство за проекта HeERO2.

Ключови думи: пътна катастрофа, IVS, записващи устройства на събития, eCall, IEEE1616

1. ВЪВЕДЕНИЕ

По данни на световната здравна организация в глобален мащаб, автомобилните катастрофи са водещата причина за смърт при мъжете между 15 и 29 годишна възраст. Към настоящия момент, на всяка минута в света умират двама души в пътно произшествие. СЗО прогнозира, че нараняванията от катастрофи ще станат третата по тежест „болест“ в света до 2020г. и петата по значимост причина за смърт до 2030 г.[1].

Тези цифри са наложили вземането на мерки за промяна на тези тенденции. Един начин, който се прилага навсякъде в света, е извършването на дълговременно наблюдение и задълбочен анализ на голям брой пътни инциденти, с което се идентифицират причините за тях и се вземат мерки за предотвратяването им. За да бъде възможно това се е наложило внедряването на високоинтелигентни електронни устройства в автомобилите, които да следят определен набор от параметри. Условно тези устройства могат да се нарекат „автомобилни черни кутии“.

Следвайки този подход от Американския национален институт по стандартизация е изготвен стандартът IEEE1616 [2], в който са описани информационни и комуникационни

протоколи, както и технически параметри на устройства, които събират, съхраняват и предоставят данни от сензори, свързани с обстановката около настъпването на автомобилни катастрофи.

Друг подход за промяна на тези тенденции е събирането на данни в момента на ПТП и навременното им изпращане до службите за спешна помощ, с което се съкращава времето за реакция на спасителните екипи и се намалява броят на жертвите и общата тежест на причинените щети. В такава насока са развити системата eCall и стандартът EN15722[3], текущо в процес на внедряване по европейските проекти HeERO, HeERO2 и I_HeERO [4].

Авторите на настоящата статия са участници в проекта HeERO2 и в настоящата статия разглеждат особеностите на стандарта IEEE1616 и системата eCall и представят възможности за тяхното усъвършенстване чрез взаимстване на методи и подходи помежду им, както и някои нови идеи.

2. АНАЛИЗ НА IEEE1616

Още от 2000г. различни производители разработват и внедряват в автомобилите си

устройства, които функционират като автомобилни черни кутии. Всеки производител обаче развива собствени протоколи за съхранение и извличане на данните, което затруднява централизираното им събиране и последващия анализ и статистическа обработка.

За да реши този проблем, Американският национален стандартизационен институт разработва стандарта IEEE1616, който дефинира единен протокол за съвместимост на данните между автомобилните черни кутии от различни производители, както и протокол за извличането им. В настоящата статия са разгледани по-важните аспекти от него.

В стандарта са описани различни информационни полета, които да бъдат записвани, както и изисквания за механична здравина на устройствата, условно наричани MVEDRs (motor vehicle event data recorders). Дават се дефиниции и на важни абстрактни понятия като „сблъсък“, „тежест на сблъсъка“, „тригер“ и други:

Съгласно IEEE1616 за събитие се счита „всяка промяна в състоянието или конкретно поведение на превозното средство в определен момент, което предизвиква достигане или надвишаване на прага на тригериране, настъпило след изтичане на периода от 500 ms за запис на данни от предходното събитие, ако има такова“. Катастрофа се дефинира като „необичайно или нестабилно събитие или явление в поредица от събития, в което участва МПС и са предизвиквани наранявания, смърт и/или щети на едно или повече превозни средства“. Тези дефиниции показват разграничаване на явленията събитие и катастрофа, което позволява по-диференциран и задълбочен анализ.

За да бъде установено настъпването на събитие чрез технически средства е нужно дефинирането на гранично условие – праг, на база на който да се вземе решение. Това е значението, което се влага в наложилите се термин „тригер“, който в стандарта е зададен като промяна в скоростта на превозното средство, по-голяма или равна на 0,8km/h, в рамките на който и да е интервал от 20ms, равнозначна на ускорение над 11 G в рамките на този интервал.

IEEE1616 дефинира речник с 86 информационни параметъра, които да бъдат

записвани. Важно е да се отбележи, че самият стандарт не задължава устройствата да следят и записват всички тези параметри, а е оставена възможността всеки производител сам да прецени какъв набор да реализира. В настоящата статия са групирани и разгледани по-важните информационни полета:

- Ускорения и завъртания по осите X, Y и Z преди сблъсъка – сканирани със средна честота в интервала от -8s до 0s (момента на сблъсъка);
- Ускорения и завъртания по осите X, Y и Z по време на сблъсъка – сканирани с висока честота, поради бързото развитие на събитията в интервала от 0s до +5s;
- Параметри, свързани с въздушните възглавници (еърбегове) – времеви, сканирани с ниска или висока честота и статични, записвани еднократно. Параметрите се следят и записват индивидуално за всяка въздушна възглавница;
- Параметри на двигателя – обороти, ниво на подаване на газ, въртящ момент;
- Параметри на фаровете – габарити, къси, дълги светлини;
- Параметри на педалите – ниво на натискане на всеки от педалите.

От разгледаните информационни полета ясно личи, че целта, към която се стреми стандартът е реалистична. При наличието на тези данни е възможно точно определяне на ситуацията около колата и действията, които шофьорът е предприел, за да избегне сблъсъка, ако има такива. По този начин се увеличава в порядъци точността, с която може да се анализира развитието на инцидента и причината за него.

Параметрите се записват с ниска (1Hz), средна (10Hz) или висока (между 200Hz и 1000Hz) честота на сканиране в интервала от -8s до +5s около настъпването на сблъсък, дефиниран от АНИС като времева рамка, в която се развива едно ПТП. Ако преди изтичането на петте секунди след сблъсъка отново бъде регистрирано условие за тригериране, катастрофата се записва като съставена от две събития и се записват допълнителни пет секунди след второто събитие. Аналогично може да се запише и катастрофа, съставена от три или четири събития.

Според АНИС внедряването на стандарта може да бъде от полза още на мястото на инцидента. Служителите на спешна помощ могат да изтеглят събраните данни от MVEDR непосредствено след пристигането си и да ги анализират, за да направят по-точно предположение за нараняванията на пътниците и съответно да вземат по-правилно решение към кое медицинско заведение да бъдат насочени пострадалите.

3. ПРОЕКТЪТ Veronica II

Европейската комисия одобрява проект Veronica II [5] между 2007 г. и 2009 г., който има за цел изготвяне на препоръка, аналогична на Американския стандарт IEEE1616, но съобразена със статистики от Европа, както и ориентирана повече към катастрофите с участието на т.н. „меки обекти“ – пешеходци, велосипедисти, мотористи и др.

По-долу са разгледани основните положения, различаващи двата проекта.

Тъй като Европейската пътна сигурност е повече ориентирана към опазване на най-незащитените участници в движението, ЕК дава различни дефиниции за понятията събитие, тригер и т.н. Също така има разлика и в набора от информационни полета, но тя не е от съществено значение за настоящия анализ.

От гледна точка на Veronica II за инцидент се счита всяко нежелано или непреднамерено случайно събитие или специфична последователност от такива събития, които имат вредни последствия. Тоест всяко събитие, което води до щети е „нежелано“ и следва да бъде записвано в паметта на автомобилните черни кутии.

Друга съществена разлика във Veronica II са описаните механизми на тригериране. В рамките на проекта са дефинирани и изследвани над 15 тригериращи условия, за които е събрана статистика за достоверността на всеки от тях. Изводът от статистиката е, че най-успешния

подход е чрез комбиниране на няколко тригера при вземане на решение за настъпване на събитие. Това обаче е трудно за техническа реализация, особено във вече съществуващи автомобилни системи. Затова, като най-релевантни са дадени само три тригериращи условия, подредени по степента им на достоверност:

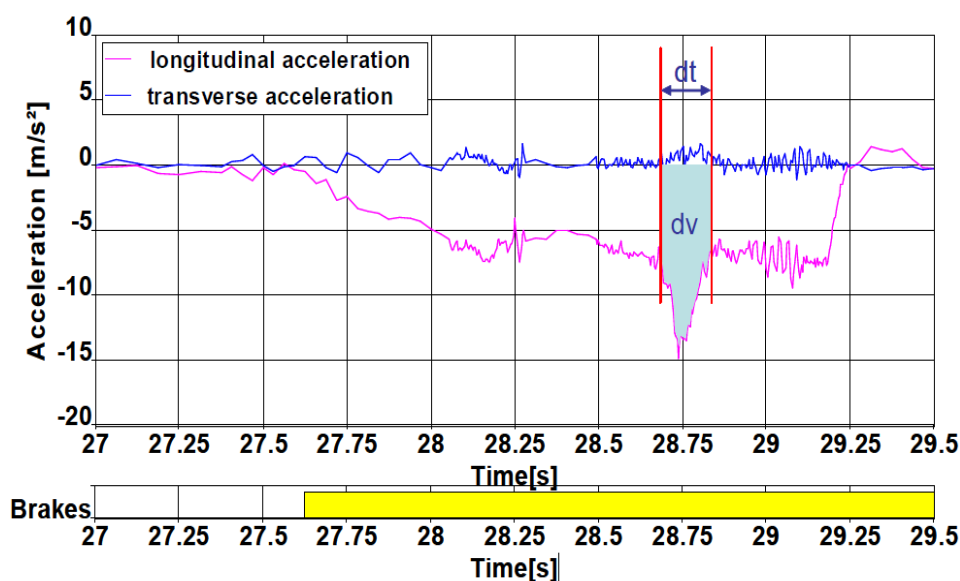
1. Отваряне на въздушна възглавница;
2. Коригиран тригер;
3. Спиране на място.

Отварянето на въздушната възглавница дава най-малко грешни отчитания, но поради високите стойности на тригериране, пропуска голяма част от събитията. Според статистиката, случаите в които при смъртоносен удар еърбегът не се е отворил достигат до 18%[6].

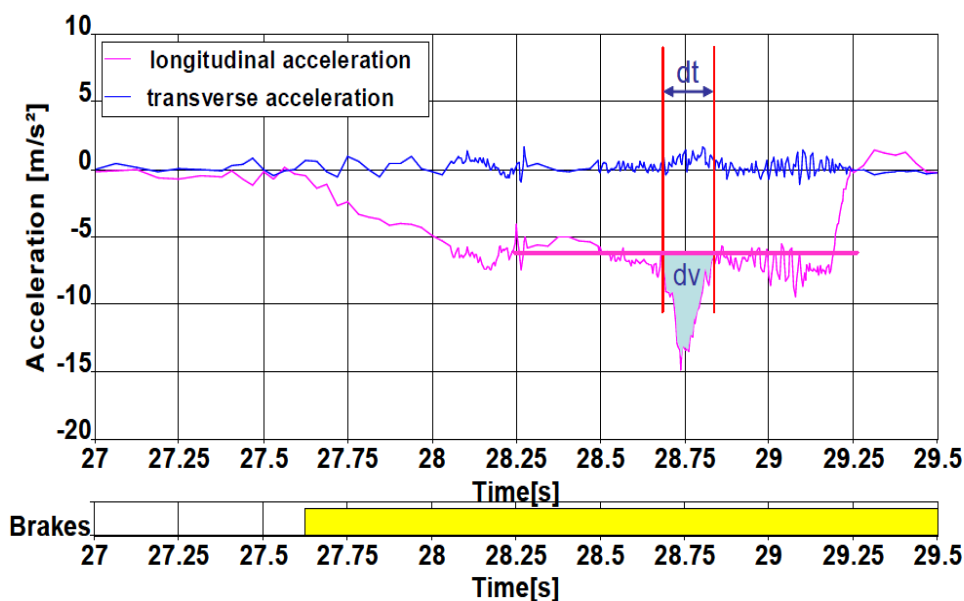
Спирането на място в много от случаите е показателно за настъпила катастрофа, но има смисъл само при комбиниране с други тригери, с цел намаляване на тяхната грешка.

Авторите са на мнение, че коригираният тригер е най-големият принос на проекта. В IEEE1616 дефиницията за тригер е промяна в скоростта, равна или по-голяма от дадена стойност за даден период от време. Както е показано на фиг.1, стойността на практика е интегрираната стойност на ускорението спрямо нулевото ниво. Този подход обаче дава известни грешки при автомобили със силна спирачна система. За да бъде избегнат този недостатък във Veronica II се прави „корекция“ на тригера, като ускорението се интегрира спрямо средната стойност за период от 120ms, както е показано на фиг.2. По дефиниция коригираният тригер е промяна в скоростта от 2 km/h в рамките на който да е интервал от 120ms, спрямо усреднената стойност за този интервал.

В този случай средното ускорение за периода е намалено на 4,6G, което позволява по-точно идентифициране на сблъсъци, настъпващи по време на продължително спиране на автомобила, с което се намалява броят на неправилно засечените пътни инциденти.



фиг.1 Некоригиран тригер за събитие



фиг.2 Коригиран тригер за събитие

4. АНАЛИЗ НА СИСТЕМАТА eCall

Идеята за системата eCall датира още от 2001г., като текущо се внедрява в рамките на Европейския съюз по проектите HeERO, HeERO2

и I_HeERO. Целта на системата е да се съкрати времето за реакция на спасителните отряди при настъпване на пътни инциденти, с което да се намалят щетите от тях.

Системата е изградена от две части:

- IVS – устройства, вграждани в автомобилите, които постоянно следят

определени параметри и при нужда могат автоматично да наберат телефон 112 чрез вграден GSM модем;

- PSAP – специализирана телефонна централа, интегрирана в системата на телефон 112, която приема обажданията от IVS устройствата.

За разлика от IEEE1616, системата eCall дефинира ограничен набор от информационни елементи за следене, описани в стандарта EN15722, по-важните от които са:

1. VIN – уникалният идентификационен номер на МПС, чрез който от базата данни EUCARIS може да се свали цялата информация за него, като марка, модел, година на производство и т.н.;
2. Вид на двигателя – показва вида на използваното гориво;
3. Точно време на сблъсъка – UTC време, свалено от GPS модула;
4. Географски координати на сблъсъка – точни координати, свалени от GPS модула;
5. Предходни позиции на автомобила – ако са налични, се предават като разлика спрямо географските координати на сблъсъка;
6. Брой пътници – при наличие на сензори в седалките може динамично да се определя колко точно пътници се намират в купето, непосредствено преди ПТП;
7. Допълнителни данни – незадължителни данни, специфични за производителите на IVS.

В системата eCall, при настъпване на събитие, параметрите по EN15722 се сканират еднократно, кодират се по ASN.1 схема в двоичен пакет и чрез специална модулация се изпращат от IVS по гласовия канал на 2G GSM мрежа. Данните се приемат от PSAP централата, където се демодулират, декодират и визуализират в операторския софтуер, след което гласовият канал се освобождава и се изгражда връзка между пътниците в автомобила и оператора в 112.

В системата eCall събитията се сигнализират по два начина – ръчно и автоматично. В единия случай шофьор, който е свидетел на инцидент може да натисне специален eCall паник бутон и с това да се инициира обаждане към 112. В другия случай системата автоматично засича отварянето

на еърбег в колата и отново инициира обаждане към 112.

Най-големият принос на системата eCall е именно в инструменталното засичане на събития и изпращането на точна информация. По този начин, чрез елиминиране на човешкия фактор, се адресират и решават два от най-големите проблеми при ПТП – навременното известяване и точното локализиране.

Според авторите на статията най-голямо значение има наличието на такава система в ситуация, в която при тежка катастрофа няма очевидци и никой от пътниците не е в състояние сам да сигнализира на спешна помощ. За другите случаи статистиката сочи, че с използването на eCall средното време за реакция на спасителните отряди намалява с до 50% за извънградски и с до 60% за градски условия.

5. ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА УСЪВЪРШЕНСТВАНЕ НА СИСТЕМИТЕ

Въпреки, че автомобилните устройства по стандарта IEEE1616 и системата eCall са разработени да извършват различни функции, елементите, необходими за изграждането им до голяма степен съвпадат. Това означава, че с малки корекции и незначително оскъпяване, могат да бъдат взаимствани функции между двете системи, като по този начин по-ефективно се използва вече наличната хардуерна база.

5.1 Предложения за усъвършенстване на устройствата по системата eCall

Тригериране по IEEE1616

По дефиниция IVS устройствата разчитат само на сигнали от въздушните възглавници, за да тригерират автоматичен eCall. Това е крайно несигурно, имайки предвид броя на старите коли, които нямат еърбег, както и по отношение на устройствата, които може да не са свързани със сигналите на еърбега. Поради това е удачно включването на инерциална система в схемата на IVS, която би позволила реализирането на тригериращите условия, описани в IEEE1616.

Събиране на допълнителни данни

Ако в IVS устройството бъде включена инерциална система, това би позволило събирането на допълнителна информация, свързана с пътния инцидент. Това ще увеличи времето за предаване, затова е удачно информацията да се раздели на две части – данни по eCall с висок приоритет и допълнителни данни. Те могат да бъдат взаимствани от IEEE1616 и да се предават чак след успешно приключване на eCall сесията, включваща гласова връзка между оператор на телефон 112 и пътниците в автомобила. По този начин във времето, в което спасителните отряди пътуват към мястото на катастрофата, допълнителните данни могат да бъдат анализирани, което ще даде по-точна прогноза за тежестта на инцидента.

5.2 Предложения за усъвършенстване на устройствата по IEEE1616

Използване на система за асистирано паркиране (парктроник)

Извън разгледаните системи може да се дефинира и допълнително тригериращо условие, използвайки парктроник система. Информацията за наближаващо препятствие на пътя, която тя дава, може да се използва за коригиране на използваните тригериращи механизми. Например, ако даден тригер е сработил и в определен времеинтервал преди това парктроникът е засякъл бързо приближаващ се обект, то вероятността тригерът да не е фалшив е много по-голяма.

Използване на жirosкоп

Стандартът IEEE1616 предвижда наличието на жirosкоп в автомобилните черни кутии, но само като източник на информация за запис. Това предоставя отлична възможност за развитие на тригериращите механизми, като в анализа на данни се включат и тези от жirosкопа. По този начин би могло да се установи дали автомобилът се е превъртял. По същата методика може да се установи и инцидент с мотоциклетист, когато жirosкопът сигнализира, че мотоциклетът е в легнало положение на земята.

Дистанционно изпращане на информация

За разлика от eCall, MVEDR устройствата събират и съхраняват всички данни в локална памет. Ако се взимат идеята на eCall за временно изпращане на информацията по радиоканал, тя ще е от изключителна полза за спасителните екипи и ще им позволи да координират действията си още преди да са пристигнали на мястото на инцидента. Това ще доведе и до занижаване на изискванията към издръжливостта на паметта на MVEDR, с което ще се балансира увеличената себестойност, поради наличието на радиомодул.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описаният анализ и предложения за усъвършенстване са в основата на разработеното от колектив на ТУ-София IVS устройство по договор на НИС - 4170 М-7 „Разработване на мобилно устройство за единната европейска система eCall” с ERTICO EUROPEAN COMMUNICATIONS NETWORKS, CONTENT AND TECHNOLOGY DIRECTORATE-GENERAL по проекта Harmonised e-Call European Pilot - HeERO2, Grant Agreement No 325075. Колективът е част от консорциума на българските партньори по проекта, заедно с БАИТС, Дирекция „Национална система 112”, МБР, „Ентърпрайз комюникейшънс груп ООД“, М-Тел и други.

Анализът в настоящата статия показва, че е възможно проектирането на мултифункционално устройство, комбиниращо eCall и методите на IEEE1616 в единна система. Настоящата статия може да служи като основа за проектирането и на други такива устройства.

Литература

1. **World Health Organization.** Global status report on road safety. WHO Website. [Online] 2013. http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/en/. ISBN 978 92 4 156456 4.
2. **IEEE Vehicular Technology Society.** IEEE1616: Standard for Motor Vehicle Event Data Recorders (MVEDRs). s.l. : IEEE-SA Standards Board, 2004. ISBN 0-7381-4499-1 SS95281.

3. **Technical committee CEN/TC 278**.EN15722: Intelligent transport systems - eSafety - eCall minimum set of data (MSD). 2011. ISBN 978 0 580 69997 9. http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/projects/veronicaii.pdf.
4. **ERTICO**. HeERO pilot description. HeERO website. [Онлайн] 2011
<http://www.heero-pilot.eu/view/en/heero.html>.
5. **Continental AG**. Veronica 2 project. European Commission website. [Online] Oct 2009.
6. **Braver, Elisa R**. How often do front airbags fail to deploy in fatal frontal crashes? Insurance Institute for Highway Safety. 2007. Paper No. 09-0199.

ANALYSIS AND PROPOSAL FOR IMPROVEMENTS OF THE DEVICES DESCRIBED IN THE IEEE1616 STANDARD AND ECALL SYSTEM

Marin ALDIMIROV

PhD student from Department „Radio Communications and Video Technology”, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: m.aldimirov@gmail.com

Georgi STANCHEV

Department “Fundamentals and Technical Means of Design”, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: gstanchev@tu-sofia.bg

Abstract: This article presents data from the World Health Organization for the negative trends and consequences of road crashes globally. Presented are the globally taken actions to reduce the crash severity, e.g. analysis of incident data and ways of achieving proper and quicker rescue forces response, which will help to save more people. Given is an analysis of important elements from the standard IEEE1616, developed by the American National Standards Institute; Project Veronica II, approved by the European Commission and the eCall system, implemented with the European projects HeERO, HeERO2 and I_HeERO. Particular proposals are given for improving these systems, as realized in TU-Sofia’s team IVS device for the HeERO2 project.

Keywords: road crash, IVS, event data recorders, eCall, IEEE1616