

Българско списание за Инженерно ПРОЕКТИРАНЕ

брой №38, януари 2019г.

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	B.Lepadatescu	Transilvania University of Brashov, Romania
М.З.Георгиев	ТУ-София, България	N.Zrnic	University of Belgrad, Serbia
Н.Л.Николов	ТУ-София, България	M.Jovanovic	University of Nish, Serbia
М.Георгиев	МГТУ Станкин, Москва, Россия	D.Michalopoulos	University of Patras, Greece
В.Христов	ТУ-София, България	N.Kubota	Tokyo Metropolitan University, 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“, София, България
О.Лисовиченко	Национален технически университет, Украйна	В.Кирилович	Житомирски държавен технологичен университет, Украйна

Редактор

Р.Митрев, ТУ-София, България

Издател: Машиностроителен факултет, Технически университет-София. ISSN 1313-7530; **Адрес на редакцията:** София, бул.Климент Охридски №8, Технически Университет-София, бл.4, Машиностроителен факултет; **Електронна версия:** bjed.tu-sofia.bg.

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

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

Bulgarian journal for **Engineering Design**

issue №38, January 2019

AIM AND SCOPE

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

EDITORIAL BOARD

Chairman

B.Grigorov, TU-Sofia, Bulgaria

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

Editor

R.Mitrev, TU-Sofia, Bulgaria

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

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

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

Съдържание:

Силов анализ и динамична оптимизация на дигитален клапан, задвижван чрез сплав с памет на формата	5
И. Пенев, Т.Тодоров	
Дистанционно управление на устройства посредством SSH тунел	21
В.Христов	
Определяне и прогнозиране на конструктивните енергийни индекси на търговските кораби	27
А.Недев, Б.Белев, Р.Атанасов	
Влияние на конструктивните тегла на корабите върху енергийната ефективност	39
А. Недев, Р.Атанасов, П. Наскова	
Управление производством транспортного электронного аппарата	47
В. Смолий	
Е-инженеринг - подпомагане на инженерното проектиране на равнинни лостови механизми чрез 2D Web приложение	57
Б.Туджаров	

СИЛОВ АНАЛИЗ И КИНЕМАТИЧНА ОПТИМИЗАЦИЯ НА ДИГИТАЛЕН КЛАПАН, ЗАДВИЖВАН ЧРЕЗ СПЛАВИ С ПАМЕТ НА ФОРМАТА

Ивайло ПЕНЕВ¹ Тодор ТОДОРОВ¹

¹катедра „Теория на механизмите и машините”, Технически университет - София, България

e-mail: tst@tu-sofia.bg

Резюме: В статията е описана конструкцията и е извършен силов анализ на оригинален механизъм с бистабилно действие, задвижван от сплави с памет на формата. На базата на този анализ са оптимизирани параметрите на звената, с оглед на минимизиране на енергийните разходи. Подробно е описана кинематиката на механизма и са определени моментите и силите на действащите в механизма еластични звена. Влиянието на силите от нишките от сплави с памет на формата е определено от условията за статично равновесие в крайните положение и възможностите за задвижване. На базата на предварително пресметнатите натоварвания, направения избор на материалите и описаните конструктивни особености е изследвано е влиянието на силите на триене. С получените резултати е извършена параметрична оптимизация на механизма.

Ключови думи: бистабилен механизъм, сплави с памет на формата, силов анализ

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Съчетаването на силовия анализ с оптимизацията на кинематичните параметри в днешно време е все още един от най-продължителните и сложни процеси в етапа на проектирането на механизмите. Въпреки че в последните десетилетия бяха създадени множество софтуерни продукти като [7, 8], които може значително да съкратят времето за анализ и проектиране, темата е все още в процес на изследване и развитие, което се обяснява с високата сложност на проблемите и увеличаването на разнообразието на задачите от този тип.

В структурно отношение задачите на силовия анализ и кинематичната оптимизация са добре разработени като за равнинни механизми с твърди звена, така за механизми с еластични звена. От функционална гледна точка тези проблеми са по-малко затегнати при механизми с бистабилно действие и особено за тези, задвижвани чрез сплави с памет на формата (СПФ).

Съчетаването на кинематичния с кинетостатичния синтез, когато е възможно, за някои класове механизми може да се окаже най-ефективен и ползотворен, а много често и единствено възможния подход. Литературните проучвания показват, че този подход е приложим както за механизми с твърди, така и за механизми с еластични звена, пространствени паралелни

структури и роботи с излишни степени на свобода. Turkkan O. et al представят нов софтуер за симулационен кинетичен и кинетостатичен анализ на равнинни механизми с еластични и твърди звена [9]. За синтез на шарнирни четиризвенници Conte et al предлагат обобщена компютърна процедура, която комбинира кинематичен и силов синтез чрез методите на нелинейното програмиране [4]. Zhang D et al представят иновативен дизайн на паралелен манипулатор, с три степени на свобода. В същата статия са проучени както директни така и инверсни кинематични задачи за решението, на които е използван метода на Newton-Euler [12]. Dan Zhang et al са извършили кинематичен и кинетостатичен анализ и синтез на специален инструмент със сложна кинематична структура чрез генетичен алгоритъм. Изследвана е точността на машините в зависимост от гъвкавостта на звената [13]. Lim et al изследват специален клас кабелно-задвижвани манипулатори, за които разработват методология базираща се на конвексен силов анализ за напълно ограничени кинематични вериги. [3]. Нов метод, наречен кинетостатично моделиране е предложен от Dan Zhang et al в [11]. Авторите изследват паралелни кинематични машини чрез изучаване на структурата, кинематично моделиране и инверсна кинематика. Последен етап от това моделиране включва кинетостатика. Sebastián Durango et al разработват метод за

кинетостатичен анализ в механизми с въртящи кинематични двойки с отчитане на силите на триене, базиран на апроксимационния метод на Артоболевский [5]. В статията [10] Y. Zhao et al създават нов подход за силов анализ, основан на теорията на винта за 3-RPS паралелен механизъм. Метод за силова оптимизация, базиран на методология за решаване на обобщените сили за кинематични вериги с излишни степени на свобода е представен от RogerBoudreau [2]. Митрев чрез решаване на оптимизационна задача определя обобщените скорости в задача за обратна кинематика на строителни манипулатори с излишни степени на свобода в [1].

Сплавите с памет на формата (СПФ) започват все повече да присъстват в индустриалните приложения поради тяхната висока надеждност и поради това, че могат да заменят функциите на двигатели или сложни предавки, отличавайки се с проста конструкция, безшумност и малко тегло. Едно характерно приложение на СПФ е в задвижването на различни видове клапани.

Цел на настоящата статия е чрез кинетостатичен анализ и оптимизация на кинематичните параметри на бистабилен еластичен механизъм на клапан, задвижван чрез СПФ, да се постигне минимум на задвижващата работа като се минимизира потенциалната енергия на еластичните сили.

2 ОПИСАНИЕ НА КИНЕМАТИЧНАТА СХЕМА НА КЛАПАНА

На Фиг.1 са дадени кинематични схеми на разглеждания клапан в две крайни статични положения. Клапанът е с дискретно действие като звената му остават неподвижни само в тези две положения. В затворено положение (фиг. 1 а) рекуперираща пружина 7 чрез кобилица 1 и ролка 2 притиска плъзгача 3, така че да опре о челото на входящия отвор на клапана и да затвори притока на флуид. В това положение механизмът се намира в статично равновесие, дължащо се на уравнивяването на силите с реакцията на челото на клапанныя отвор. В отворено положение (фиг. 1б) клапанът пропуска максимално количество флуид. За да бъде изведено от затворено в отворено положение кобилицата 1 се завърта с помощта на отваряща

нишка 5 от СПФ, Това завъртане продължава докато кобилицата не опре в ограничителя 4.

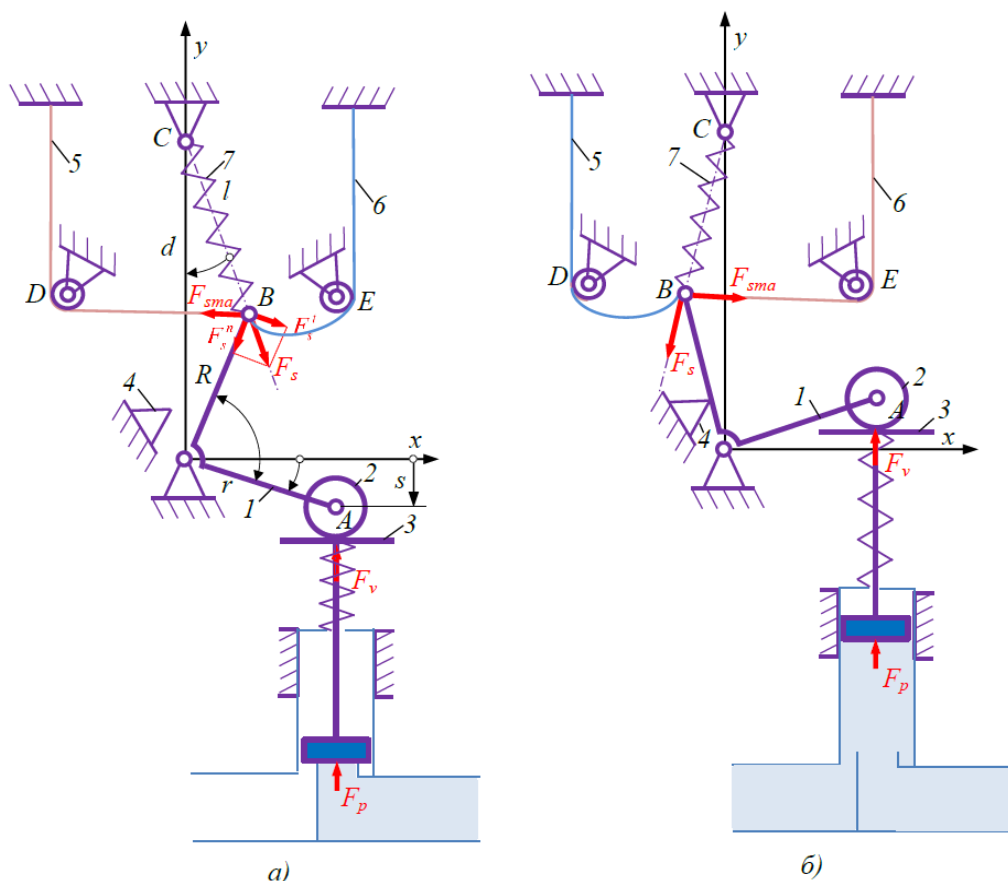
Завъртането се извършва в посока обратно на часовата стрелка. Когато кобилицата е опряна в ограничителя 4, клапанът се намира във второто си статично равновесно отворено положение, тъй като действащите в клапана сили се уравнивяват с реакцията на ограничителя 4. Обратното превключване на клапана от отворено в затворено положение става с помощта на нишка от СПФ 6, която в този случай завърта коляното по посока обратна на часовата стрелка. Активирането на нишките 5 и 6 е базирано на действието на еднопосочния ефект с памет на формата, който се появява в СПФ след загряване с електрически ток.

Освен показаните две крайни положения, клапанът притежава и едно равновесно неустойчиво положение, при което сумарният момент спрямо неподвижния шарнир О на всички сили, действащи на клапана е нула. Нишките от СПФ трябва да са проектирани, така че да преместят звената на клапана от дадено крайно положение до неустойчивото равновесно положение. След това преместването на звената продължава да се извършва под действието на разликата от моментите на пружинните сили. Този принцип води до значително съкращаване на времето за загряване на нишките от СПФ. Освен това вследствие на взаимното силово уравнивяване, драстично се намалява равнодействащата сила, която трябва да преодолее нишката от СПФ. Всичко това води до значително намаляване на разхода на енергия за задвижване на клапана и създава предпоставки за автономно енергийно захранване чрез преобразуване на топлината на околната среда.

Така проектираният клапан може да работи самостоятелно или да служи за управление на нормално отворен пропорционален (аналогов) клапан. Във втория случай пропорционалният клапан се преобразува в дискретен.

3 ОСНОВНИ КИНЕМАТИЧНИ И СИЛОВИ ЗАВИСИМОСТИ

За дължините на кинематичната схема, показана на фиг. 1 са използвани означенията $OA = r$, $OB = R$, разстоянието между



Фиг. 1 Крайни положения на бистабилния клапан: а)затворено стабилно положение; б)отворено стабилно положение

неподвижните шарнири е прието $OC = d$, а деформираната дължина на пружината е изразена с $BC = l$. Ъглите са означени както следва $\angle OAB = \gamma$ и $\angle OCB = \beta$. Положението на плъзгача 3 е зададено чрез обобщената координата $y_A = s$.

Завъртането на кобилицата 1 е определено чрез нейния ъгъл

$$\alpha = \arcsin \frac{s}{r} \quad (1)$$

Ъгълът на наклона на пружината е

$$\beta = \arctan \frac{R \cos(\alpha + \gamma)}{d - R \sin(\alpha + \gamma)} \quad (2)$$

Пружинната сила е изразена чрез

$$F_s = (l_0 - l)k, \quad (3)$$

където l_0 е дължината на недеформираната пружина, k е коефициентът на еластичност на пружината.

Моментът на пружинната сила спрямо точка O е

$$M_s = F'_s R = R(l_0 - l)k \cos(\alpha + \gamma - \beta) \quad (4)$$

Дължината на компресираната пружина е

$$l = \sqrt{R^2 + d^2 - 2dR \sin(\alpha + \gamma)} \quad (5)$$

Моментът на силата на клапанната пружина F_v и силата от налягането на водата F_p спрямо точка O е

$$M_v = (F_v + F_p)r \cos \alpha, \quad (6)$$

където

$$F_v = F_{v0} - k_v r (\sin \alpha - \sin \alpha_c) \quad (7)$$

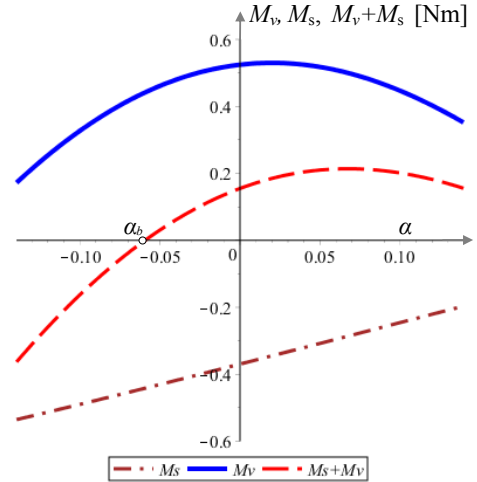
е силата на клапанната пружина, F_{v0} е силата, с която пружината на клапана действа върху буталото при затворено положение, когато $\alpha = \alpha_c$, и F_p е силата от налягането на флуида.

На фиг. 2 са изобразени графики на моментите на рекупериращата пружина, клапанната пружина с налягането и сумарният момент $M_s + M_v$. Тези графики са получени за един първоначален етап на проектиране на клапана, когато неговите параметри са избрани приблизително и все още не са уточнени вследствие на предложената тук оптимизация. Ако се пренебрегнат силите на триене и силите на нишките от СПФ пресечната точка на сумарния момент с абсцисата дефинира ъгъла α_b на кобилицата, при който механизмът се намира в неустойчиво равновесно положение.

3 ОПРЕДЕЛЯНЕ ВЛИЯНИЕТО НА СИЛИТЕ В НИШКИТЕ ОТ СПФ

Цялостното влияние на нишките от СПФ върху движението на звената на клапана може да се определи едва след задълбочено динамично моделиране. Клапанът съдържа механична, хидравлична и електрическа части, които са свързани помежду си и взаимно си влияят. За да се създаде пълен мултифизичен динамичен модел трябва подробно да се анализира всяка една от системите и тяхното влияние върху общия модел. Тук ще бъдат описани статичните параметри на нишките от СПФ, с цел да се намерят условията за равновесие на клапана в крайните положения

както и условията за задвижване от тези крайни положения.



Фиг. 2 Моменти спрямо оста на ротация на кобилицата на рекупериращата пружинна M_v , клапанната пружина с налягането M_s и сумарен момент $M_v + M_s$

Действието на нишките може да се раздели на задвижващо и демпфериращо. Задвижващото действие се проявява, след като нишката е загрята и тя се свива под действието на топлината. При свиването си нишката трябва да премести звената от дадено статично крайно (отворено или затворено) положение до положението на неустойчиво равновесие. След това движението се поема от рекупериращата пружина при затваряне или от клапанната пружина при отваряне. Ако загряването на нишката продължи след точката на неустойчиво равновесие, ще се получи излишен разход на енергия.

Демпфериращо действие има нишката, когато тя се опъва в охладено състояние и има значително по-нисък модул на линейна еластичност. Тогава нишката демпферира и забавя движението на механизма като същевременно се „зарежда“ с необходимата деформация, която трябва да се възстанови при нагряване. Оптималното управление изисква демпферирането да започне от положението на неустойчиво равновесие и да приключи при достигане на едно от статичните крайни положения. При тези положения

демпфериращото действие допринася за намаляване на ударите на подвижните звена в ограничителите. Ако нишката започне да демпферира механизма преди неустойчивото равновесно положение, другата нишка, която е задвижваща, ще се натовари допълнително.

Структурата на механизма на клапана и неговото управление са такива, че не допускат и двете нишки да са едновременно задвижващи или едновременно демпфериращи. Освен това в идеалния случай не би трябвало да има едновременно застъпване на задвижването на едната нишка с демпферирането на другата. На практика последното е трудно постижимо, затова се търси възможно най-малко застъпване на двете действия. Минимизирането на времето за застъпване е един от оптимизационните критерии.

От казаното до тук се вижда, че проектирането на деформациите на нишките и синхронизирането на тяхното управление е много съществена част от оптимизационната процедура. Основното предизвикателство следва от факта, че положението на неустойчиво равновесие се дефинира като нулев момент на всички сили. Следователно, освен че това неустойчиво равновесно положение не е геометрично дефинирано, то се променя с промяната на силите, като в това число влизат сили на налягането, пружините, сили на триене и самите сили на нишките от СПФ.

Нека клапанът се намира в затворено положение (фиг. 1а). Тогава отварящата жица 5 не е нагрята, поради което е в мартензитно състояние. В крайно затворено положение тя е деформирана и оказва сила, стремяща се да отвори капана. Другите сили, които също се стремят да отворят клапана са от налягането и клапанната пружина. В случая затварянето се дължи на превеса на момента на рекупериращата пружина над моментите на останалите сили. При нагряване мартензитната деформация се възстановява, в което се състои принципът на задвижване. От този принцип следва, че предварителната мартензитна деформация трябва да бъде избрана така, че да покрива необходимия ход за завъртане на кобилицата.

Деформацията на отварящата нишка е

$$\Delta_{m5} = \Delta_{m50} + R[\cos(\alpha + \gamma) - \cos(\alpha_b + \gamma)] \quad (8)$$

където ъгълът α_b е задава положението на кобилицата, при която има неустойчиво равновесие. Този ъгъл се определя чрез числено решаване на уравнението

$$M_v(\alpha_b) + M_s(\alpha_b) = 0 \quad (9)$$

С известно приближение е прието силата F_{m5} , с която действа нишката от СПФ в мартензитно състояние, докато се опъва от кобилицата да бъде линейно изменяща се в началото, а в края на затварянето на клапана да бъде равна на дадената сила по каталог за деформация при охлаждане. Това е силата, която се получава в нишката при натоварване с 70 МПа [5]. Приетото приближение цели да отрази ефекта на супер еластичност на СПФ. Съгласно опростяващите предпоставки е изведена зависимостта за отварящата сила

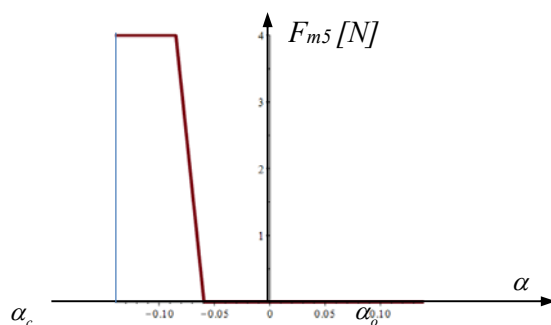
$$F_{m5} = \begin{cases} k_{m5} \Delta_{m5} & \varepsilon_{m5} \leq 0,008 \\ F_{mc} & \varepsilon_{m5} > 0,008 \end{cases} \quad (9)$$

където Δ_{m50} е предварителна деформация на отварящата нишка, $\varepsilon_{m5} = \frac{\Delta_{m5}}{l_{50}}$ е относителната деформация на отварящата нишката, l_{50} е недеформираната дължина на отварящата нишка, F_{mc} е каталожната сила на охладената нишка. Коэффициентът на еластичност на нишката е изчислен по формулата

$$k_{m5} = \frac{E_m A}{l_{50}} \Delta_{m5} \quad (10)$$

където E_m е модул на надлъжна еластичност, A е лицето на напречното сечение на нишката.

Графиката на силата на отварящата нишка за първоначалните размери на клапана е дадена на Фиг. 3.

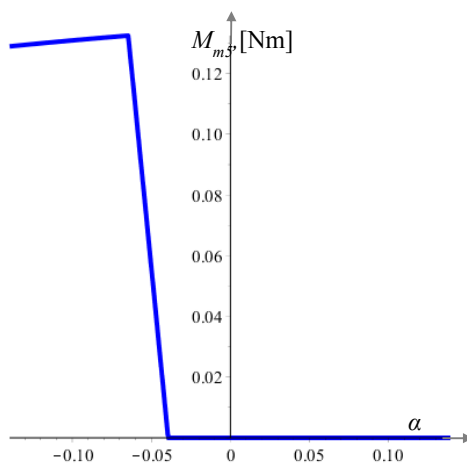


Фиг. 3. Графика на силата на отварящата нишка 5 от СПФ през периода на затваряне на клапана, когато нейното действие е демпфериращо.

Моментът на отварящата сила спрямо точка О на кобилицата е

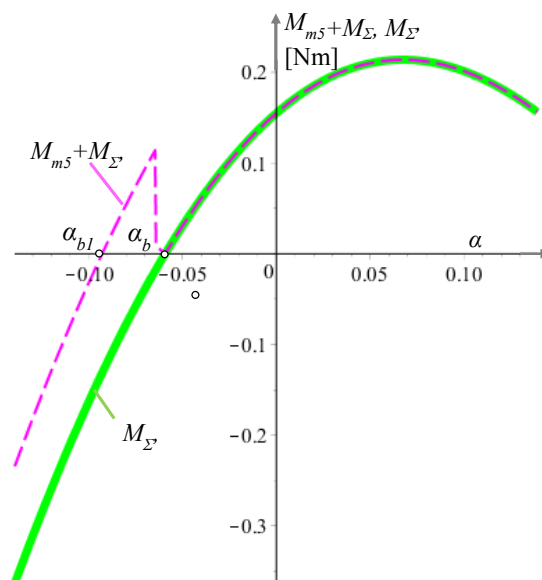
$$M_{m5} = F_{m5} R \sin(\alpha + \gamma), \quad (11)$$

На Фиг. 4 е показана графиката на момента на отварящата нишка. Вижда се че за периода на затваряне този момент е изцяло положителен.



Фиг. 4. Графика на момента на отварящата нишка 5 от СПФ през периода на затваряне на клапана, когато нейното действие е демпфериращо.

На Фиг. 5 може да се види влиянието на демпфериращото действие на отварящата нишка 5.

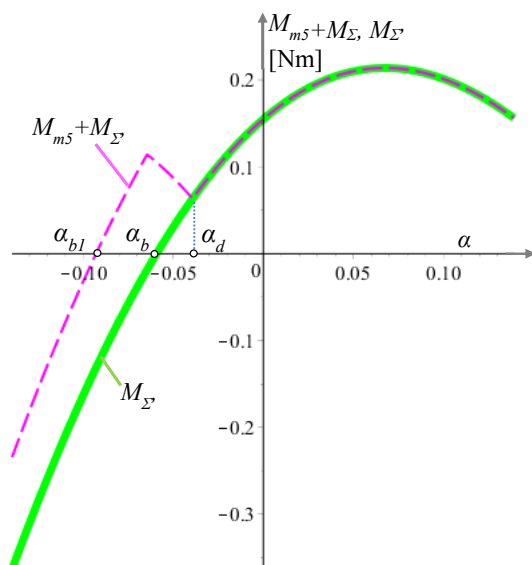


Фиг. 5 Сравнение на графиките на сумарните моменти без отчитане на демпфериращото действие на отварящата нишка (плътна линия) и с отчитане на това действие (пунктирна линия)

От графиката на Фиг. 5 е видно, че демпфериращото действие на нишката, при така зададената нулева деформация в точката на нестабилно равновесие, води до поява на втора точка на нестабилно равновесие. Този ефект е нежелателен, защото се увеличава хода на затварящата нишка, освен това може да доведе до нестабилност на управлението.

За да се избегне ефекта на втората точка на нестабилност е увеличена деформацията на нишката като е прието деформирането да започне 0.02 rad преди точката на нестабилност. В този случай сумарният момент с коригирания момент на отварящата нишка има вида показан на Фиг. 6.

В този случай е видно, че точката на нестабилност α_b се е изместила наляво в точката α_{b1} , съкратен е хода на отварящата нишка и сумарният момент е увеличен. Последното ще доведе до допълнително натоварване на затварящата нишка.



Фиг. 6 Сравнение на сумарните моменти без отчитане на демпфиращото действие на отварящата нишка (плътна линия) и с отчитане на това действие (пунктирна линия) след корекция на деформацията на нишката

Началното опъване на нишката след корекцията става от точка α_d , а не от точка α_b както е преди корекцията. Това преместване на точка на нестабилност наляво води до предимството на намалена енергия на задвижването, защото се намалява потенциалната енергия която трябва да се преодолее от загрялата отваряща нишка.

След като отварящата нишка 5 задвижи структурата до неустойчивото равновесно положение, тя престава да управлява клапана и нейната роля се поема от клапанната пружина. Непосредствено след неустойчивото равновесно положение другата нишка 6, наречена затваряща, започва да се деформира вследствие на опъна, който оказва въртящата се кобилица. Тогава затварящата нишка 6 е в мартензитно състояние и оказва демпфиращо действие на движението при отваряне. Това действие има положителен ефект, изразяващ се в елиминирането на шума от удара в крайното отворено положение, когато кобилицата опира в ограничителя. Аналогично е действието на отварящата нишка при затваряне

на клапана. Освен че имат демпфиращо действие, силите на нишките в охладено състояние променят положението на равновесната точка, поради което техните параметри трябва да бъдат внимателно подбрани в процеса на оптимизиране на механизма.

За затварящата нишка през периода на отваряне на клапана по аналогичен начин са определени съответно деформацията, силата и момента

$$\Delta_{m6} = \Delta_{m60} + R[\cos(\alpha + \gamma) - \cos(\alpha_o + \gamma)] \quad (12)$$

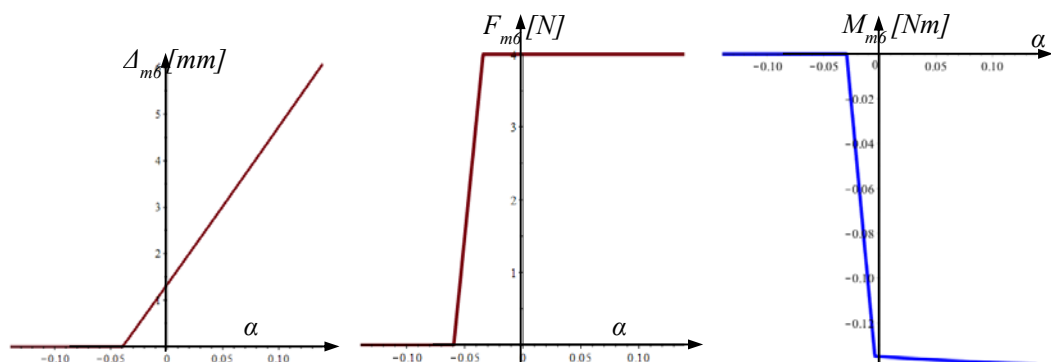
$$F_{m6} = \begin{cases} k_{m6} \Delta_{m6} & \varepsilon_{m6} \leq 0,008 \\ F_{mc} & \varepsilon_{m6} > 0,008 \end{cases}, \quad (13)$$

$$M_{m6} = F_{m6} R \sin(\alpha + \gamma). \quad (14)$$

Тук означенията са аналогични на тези за отварящата нишка, а коефициентът на еластичност и относителната деформация се пресмятат съответно по формулите

$$k_{m6} = \frac{E_m A}{l_{60}} \Delta_{m6} \text{ и } \varepsilon_{m6} = \frac{\Delta_{m6}}{l_{60}}.$$

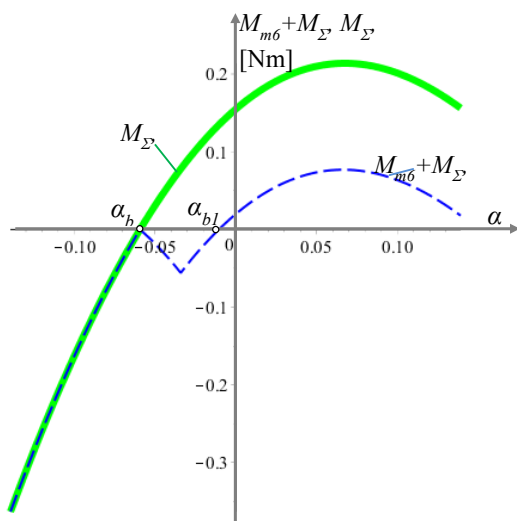
На фиг. 7 е показана деформацията, силата и момента на силата спрямо оста на кобилицата на затварящата нишка. Моментът е изцяло отрицателен, защото силата F_{m6} се стреми да завърти кобилицата по посока на часовата стрелка. На Фиг. 8 с пунктираната линия е изобразен сумарният момент на силите през периода на отваряне. С плътната линия е показана графиката на сумарния момент на силите, но без еластичната демпфираща сила на затварящата нишка. От графиката е видно, че демпфиращата сила на затварящата нишка понижава сумарния момент води до увеличаване на точките на нестабилност. За да се избегне този ефект този път трябва да се намали предварителното опъване. Прието началото на опъването на затварящата нишка да бъде намалено с деформация съответстваща на 0.02 rad. В този случай сумарният момент има вида показан на Фиг. 9. Резултата показва, че все още има многократност



Фиг. 7. Силови параметри на затварящата нишка през периода на отваряне, т.е когато е демпфираща; а) деформация; б) сила; в) момент

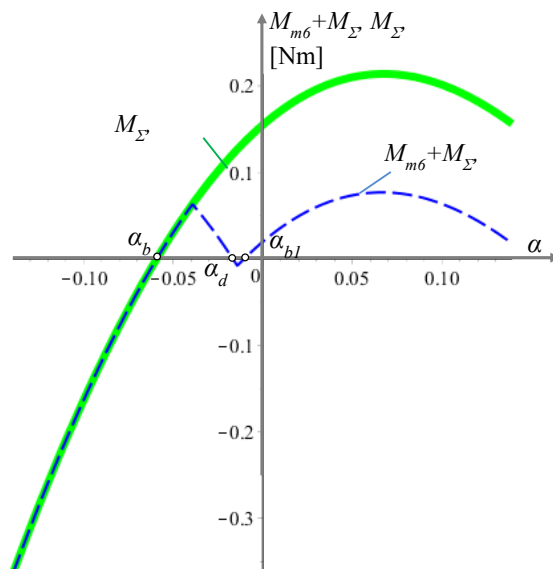
на неустойчивото положение, което се избягва при намаляване на опъването с 0.03 rad (Фиг. 9).

чрез правилен подбор на деформациите на нишките с СПФ. Проверката е направена чрез едновременно изчертаване на сумарните моменти, включително и на демпфирането (Фиг. 11).

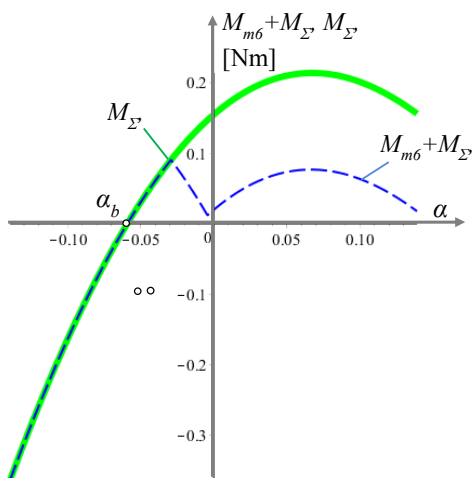


Фиг. 8 Сравнение на сумарните моменти без отчитане на демпфиращото действие на затварящата нишка (плътна линия) и с отчитане на това действие (пунктирна линия)

Възможното е едновременно действие (наречено тук интерференция на демпфиращите сили) на двете нишки през периода на демпфиране, трябва да се избегне



Фиг. 9 Сравнение на сумарните моменти без отчитане на демпфиращото действие на затварящата нишка (плътна линия) и с отчитане на това действие (пунктирна линия) след корекция на деформацията на нишката с 0.02 rad



Фиг. 10 Сравнение на сумарните моменти без отчитане на демпфиращото действие на затварящата нишка (плътна линия) и с отчитане на това действие (пунктирна линия) след корекция на деформацията на нишката с 0.03 rad

От фиг. 11 е видно, че благодарение на корекциите интерференцията е избегната. Въпреки това оптимизационната процедура не трябва да допуска интерференция, защото ако има такава задвижващата нишка трябва да деформира в края на хода си демпфиращата нишка и това ще промени равновесието на силите.

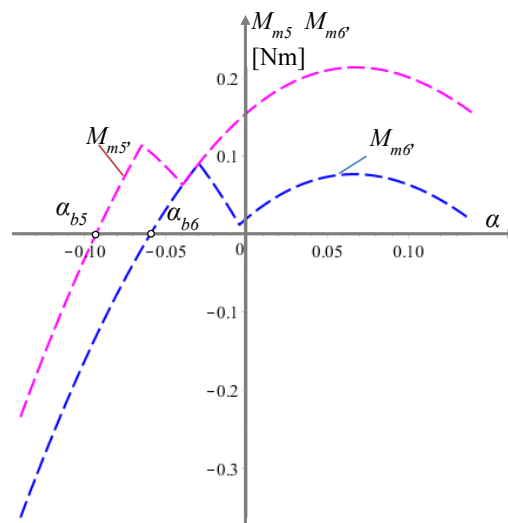
В заключение влиянието на силите на демпфиране може да се обобщи в следното:

демпиращите сили участват в задвижването, във втория етап, при който нагрятата нишка е изключена и ролята на задвижваща сила е поета или от рекуперирателната пружина, или от клапанната пружина.

в края на етапа на затваряне на клапана, демпиращата сила на отварящата нишка, ако е много голяма, може да промени посоката на сумарния въртящ момент и да това да попречи на затварянето на клапана. Тогава може да се получи статично равновесие преди буталото да е опряло в корпуса на клапана.

От друга страна рекуперирателната сила на отварящата нишка намалява потенциалната енергия, която клапанната пружина трябва да преодолее през периода на затваряне, което води

до съкращаване на времето за затваряне на клапана.



Фиг. 11 Проверка за интерференция на демпфирането

-затварящата нишка, когато действа като демпираща, намалява сумарния въртящ момент и това води до намаляване на потенциалната енергия, която рекуперирателната пружина трябва да преодолее. Това действие има положителен ефект, но ако се увеличи прекомерно големината на затварящата демпираща сила, ще се промени посоката на сумарния момент и клапанът няма да се отвори достатъчно.

-и двете нишки, когато действат като демпиращи, променят положението на нестабилно равновесие като намаляват работата, която трябва да вложат съответните задвижващи нишки.

През периода на задвижване нишките от СПФ се нагряват и възстановяват първоначалната си дължина. Тъй като в етапа на демпфиране нишките са били удължени, през етапа на задвижване те се свиват до недеформираната си първоначално зададена дължина.

Минималната сила, с която нишката от СПФ трябва да въздейства на кобилицата, за да може тя да се превключи от едно статично положение в друго, се пресмята от условието за

равенство на сумарния момент на двете пружини и момента на силата на нишката

$$M_{A6} > M_s + M_v + M_{m5}, \quad (15)$$

$$M_{A5} > M_s + M_v + M_{m6}, \quad (16)$$

където M_{A6} , M_{A5} са моментите на силите F_{A6} , F_{A5} на съответните нишки в нагрято състояние и когато са в аустенитна фаза.

От горните формули са изчислени минималните идеални (т.е. ако няма сили на триене) на задвижващите сили в нишките

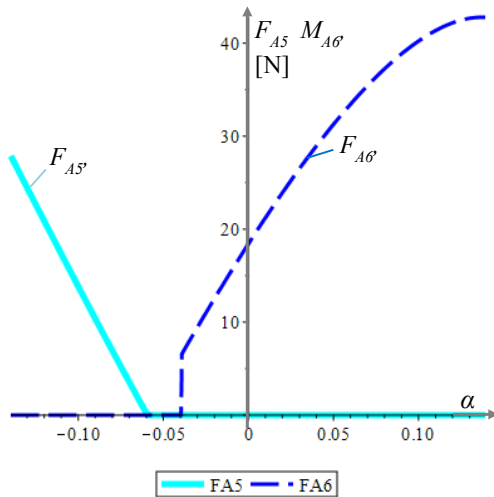
$$F_{A6} \geq \frac{M_s + M_v + M_{m5}}{R \cos(\alpha + \gamma)}, \quad (17)$$

и

$$F_{A5} \geq \frac{M_s + M_v + M_{m6}}{R \cos(\alpha + \gamma)}, \quad (18)$$

В горните формули моментите M_{m5} и M_{m6} са различни от нула само в случаите, в които има интерференция на демпферирането.

Графиките на двигателните сили в нишките са показани на фиг. 12.



Фиг. 12 Минимални сили в нишките през периодите на задвижване

Това са минималните стойности в нишките, когато те задвижват механизма. В тази функция нишките се загреват и кристалографското им състояние преминава от мартензитно в аустенитно. Същевременно ниският модул при мартензитната форма се приема около два пъти по-високи стойности, което е предпоставката за създаване на двата вида сили при задвижване и при демпфериране.

4 ОПРЕДЕЛЯНЕ ВЛИЯНИЕТО НА СИЛИТЕ НА ТРИЕНЕ

Силите на триене са определени на базата на предварително пресметнатите стойности на натоварването, материалите и конструктивни особености на механизма. Приема се, че движението е квазистатично т.е с достатъчно малки изменения на скоростта, позволяваща на първо приближение да се пренебрегнат инерционните сили. Пренебрегнати са съпротивителните сили, които са резултат от вътрешното триене в пружините.

Последователността за пресмятане на инерционните сили е следната. Етапите на затваряне и отваряне са разделени на по два подетапи. Първите подетапи се отнасят за периодите когато задвижващи са нишките от СПФ. Тогава ъгълът на кобилицата се изменя от крайно затворено α_c или крайно отворено положение α_o до ъгъла на нестабилно равновесие α_b . Вторите подетапи разглеждат движението под действието на пружините (рекупериращата и клапанната), което започва след преминаване на точката на нестабилно равновесие α_b и приключва до превключването на механизма от затворено в отворено или от отворено в затворено състояние.

На Фиг. 13 е разгледано кинетостатичното равновесие на асуровата група 2 и 3, съставена от плъзгача 3 и ролката 2 в етапа на затваряне и в подетапа, когато се задвижва от нишката 6.

Условията за равновесие на звено 3 включват сума от сили по ос y

$$F_v + F_p - R_{23} + T'_{03} + T''_{03} = 0, \quad (19)$$

сума от сили по ос x

$$T_{23} - R'_{03} + R''_{03} = 0, \quad (20)$$

и сума от моментите на силите спрямо точка F

$$(F_v + F_p)r_p - R'_{03}h_{03} + T'_{03}2r_p - T_{23}(s + h_2 - r_r) + R_{23}(r \cos \varphi - h_3) = 0, \quad (21)$$

където r_p е радиус на буталото, r_r е радиус на ролката, h_{03} , h_2 и h_3 са конструктивни размери, отбелязани на фиг. 13 б.

След като горните три уравнения е положено

$$T_{23} = \mu_{23}R_{32}, \quad (22)$$

$$T'_{03} = \mu_{03}R'_{02} \quad (23)$$

и

$$T''_{03} = \mu_{03}R''_{02}, \quad (24)$$

са определени реакциите

$$R'_{03} = \frac{1}{A_{03}}(F_p + F_v) \times (r \cos \varphi - r_p \mu_{03} \mu_{23} + h_2 \mu_{23} - r_r \mu_{23} + s \mu_{23} - h_3 - r_p), \quad (25)$$

$$R''_{03} = -\frac{1}{A_{03}}(F_p + F_v) \times (r \cos \varphi - r_p \mu_{03} \mu_{32} + h_{03} \mu_{23} - h_2 \mu_{23} + \mu_{23}s - h_3 - r_p), \quad (26)$$

$$R_{23} = \frac{h_{03}(F_p + F_v)}{A_{03}}, \quad (27)$$

където

$$A_{03} = 2r_p \mu_{03}^2 \mu_{23} - 2r \mu_{03} \cos \varphi - (h_{03} + 2h_2 - 2r_r - 2s) \mu_{03} \mu_{23} + 2h_3 \mu_{03} + 2r_p \mu_{03} - h_{03}, \quad (28)$$

μ_{03} е коефициент на триене между корпуса и буталото, μ_{23} е коефициент на триене при търкаляне между ролката и буталото.

Съгласно третия принцип на Нютон с определените сили от тази асурова група е натоварена кобилицата 1 и са изведени условията за нейното равновесие.

Първоначално е прието, че голяма част от силите на триене са пренебрежимо малки и на практика влияние имат само силите R'_{03} и R''_{03} и триещият момент M_{01}^T . Силите на триене R'_{03} и R''_{03} са приети постоянни, защото основно се формират от уплътненията между корпуса и буталото, а освен това променливото рамо на силата R_{12} е пренебрежимо малко. За да се пресметне триещият момент M_{01}^T е построен полигонът на силите (Фиг. 13 б) за кобилицата и са записани двете проекционни уравнения

$$\begin{cases} F_{A6} - F_s \sin \beta - R_{01} \cos \alpha_{01} = 0 \\ R_{21} - F_s \cos \beta - R_{01} \sin \alpha_{01} = 0 \end{cases}, \quad (29)$$

от които е изведено

$$R_{01} = \sqrt{F_{A6}^2 + F_s^2 + R_{21}^2 - 2F_{A6}R_{21} \sin \beta - 2F_sR_{21} \cos \beta}, \quad (30)$$

където съгласно направените допускания е пресметната реакцията

$$R_{32} = F_v + F_p + 2T_{01}, \quad (31)$$

$T_{01} = \mu_{01}R'_{01} = \mu_{01}R''_{01}$, μ_{01} е коефициент на триене между буталото и уплътнението където r_{01} е приведен радиус на триене на неподвижния шарнир на кобилицата.

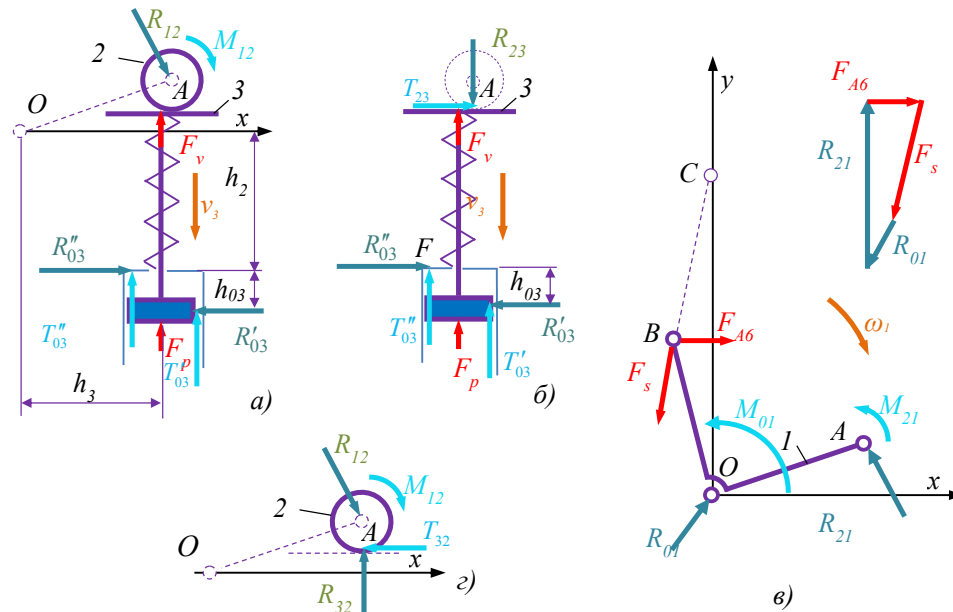
На Фиг. 14 са показани силовите картини за етапа на затваряне при втория подетап, когато задвижващата сила е генерирана от рекупериращата пружина.

От условието за равновесие на звено 3 отново са изведени същите зависимости както в предишния параграф, поради което за реакциите R'_{03} , R''_{03} и R_{23} остават в сила съответно зависимостите (25), (26) и (27).

В този случай за равновесието на кобилицата (Фиг. 14 г), следва системата

$$\begin{cases} -F_{m5} + F_s \sin \beta + R_{01} \cos \alpha_{01} = 0 \\ R_{21} - F_s \cos \beta - R_{01} \sin \alpha_{01} = 0 \end{cases}, \quad (32)$$

която дава решение



Фиг. 13 Кинетостатично равновесие на силите в етапа на затваряне, когато задвижваща е нишката от СПФ 6: а) сили действащи на асурова група 2-3; б) сили, действащи на бутало 3; в) сили, действащи на ролка 2; г) сили, действащи на кобилица 1

$$R_{01} = \sqrt{F_{ms}^2 + F_s^2 + R_{21}^2 - 2F_{ms}R_{21}\sin\beta - 2F_sR_{21}\cos\beta} \quad (33)$$

Моментът на триене в шарнира е пресметнат по зависимостта

$$M_{01} = r_{01}R_{01}, \quad (34)$$

където $\rho_{01} = r_{01}\mu_{01}$ радиус на триене за шарнира О, r_{01} - приведен радиус на лагера шарнира, μ_{01} - приведен коефициент на триене на лагера.

Моментът на триене за шарнира О е пресметнат за двата подетапа на етапа затваряне и графиката му е показана на Фиг. 15.

На фиг. 16 е показано натоварването на звената за първия подетап от периода на отваряне. Тъй като посоката на движение спрямо предишния подетап се обръща, всички сили и моменти на триене също са обърнали знака си.

Разглежда се равновесието звено 3, откъдето следва системата уравнения

$$-T_{23} - R'_{03} + R''_{03} = 0, \quad (35)$$

$$F_v + F_p - R_{23} - T'_{03} - T''_{03} = 0, \quad (36)$$

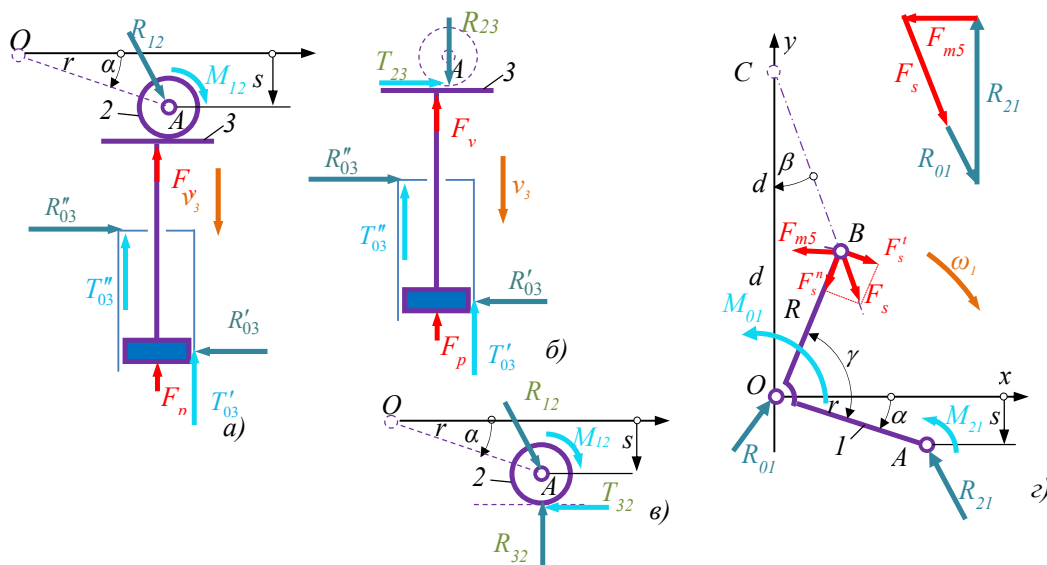
$$(F_v + F_p)r_p - R'_{03}h_{03} - T'_{03}2r_p + T_{23}(s + h_2 - r_r) + R_{23}(r\cos\varphi - h_3) = 0, \quad (37)$$

която води до решението

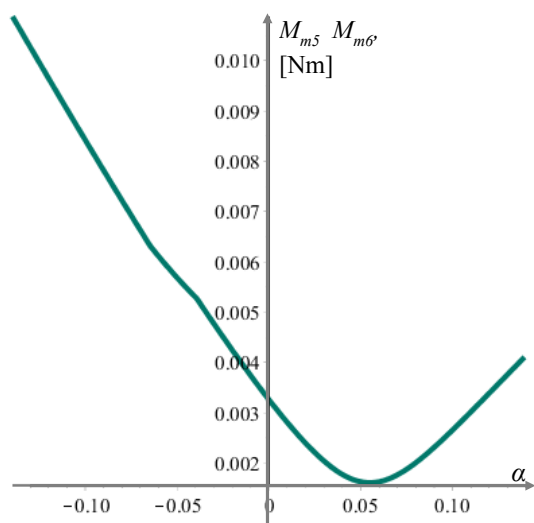
$$R'_{03} = \frac{1}{A_{03}}(F_p + F_v) \quad (r\cos\varphi - r_p\mu_{03}\mu_{23} - h_2\mu_{23} + r_r\mu_{23} - s\mu_{23} - h_3 - r_p), \quad (38)$$

$$R''_{03} = \frac{1}{A_{03}}(F_p + F_v) \quad (r\cos\varphi - r_p\mu_{03}\mu_{32} - h_{03}\mu_{23} + h_2\mu_{23} - \mu_{23}s - h_3 - r_p), \quad (39)$$

$$R_{23} = \frac{h_{03}(F_p + F_v)}{A_{03}}, \quad (40)$$



Фиг. 14 Натоварване на звената на клапана за етапа на затваряне: а) сили действащи на асурова група 2-3; б) сили, действащи на бутало 3; в) сили, действащи на ролка 2; г) сили, действащи на кобилицата



Фиг. 15. Моментът на триене за шарнира О за периода на затваряне

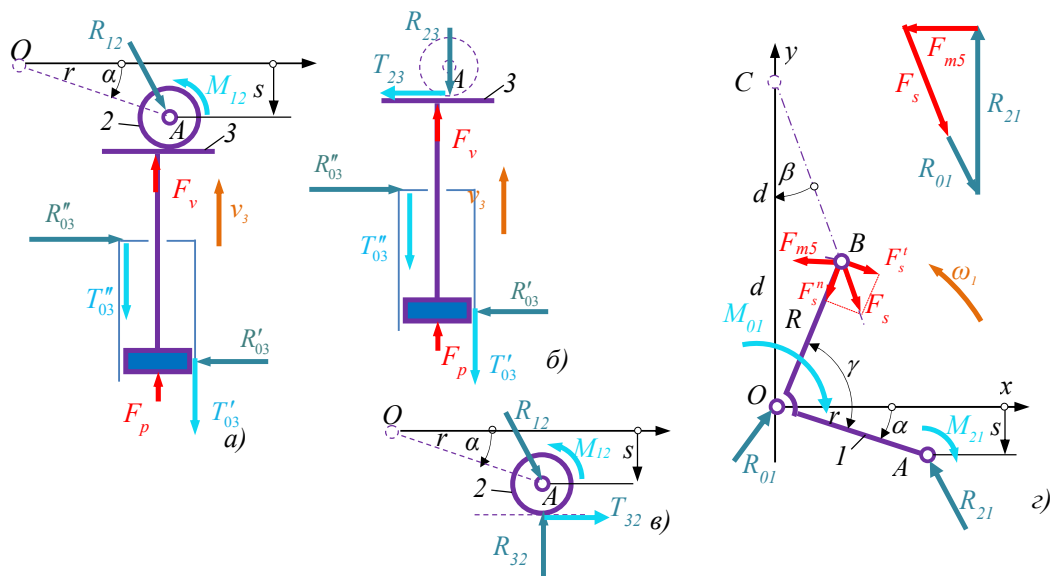
където

$$A_{03} = 2r_p \mu_{03}^2 \mu_{23} + 2r \mu_{03} \cos \varphi - (h_{03} + 2h_2 - 2r_r - 2s) \mu_{03} \mu_{23} - 2h_3 \mu_{03} - 2r_p \mu_{03} - h_{03}, \quad (41)$$

Горните решения са получени след като са приложени субституциите (22), (23) и (24).

Съгласно третия принцип на Нютон с определените сили от асурова група 2,3 е натоварена кобилицата 1 и са изведени условията за нейното равновесие.

И в този случай е прието, че голяма част от силите на триене са пренебрежимо малки и на практика влияние имат само силите R'_{03} и R''_{03} и триещият момент M_{01}^T . Силите на триене R'_{03} и R''_{03} са приети постоянни, защото основно се формират от уплътненията между корпуса и буталото, а освен това променливото рамо на силата R_{12} е пренебрежимо малко. За да се пресметне триещият момент M_{01}^T е построен полигонът на силите (Фиг. 13 б) за кобилицата и са записани двете проекционни уравнения



Фиг. 16 Натоварване на звената на клапана за етапа на отваряне в подетапа на задвижване: а) сили, действащи на асурова група 2-3; б) сили, действащи на бутало 3; в) сили, действащи на ролка 2; г) сили, действащи на кобилица 1

$$\begin{cases} F_{A5} - F_s \sin \beta - R_{01} \cos \alpha_{01} = 0 \\ R_{21} - F_s \cos \beta - R_{01} \sin \alpha_{01} = 0 \end{cases} \quad (42)$$

от които е изведено

$$R_{01} = \sqrt{F_{A5}^2 + F_s^2 + R_{21}^2 - 2F_{A5}R_{21} \sin \beta - 2F_sR_{21} \cos \beta}, \quad (43)$$

където съгласно направените допускания е пресметната реакцията

$$R_{32} = F_v + F_p - 2T_{01}. \quad (44)$$

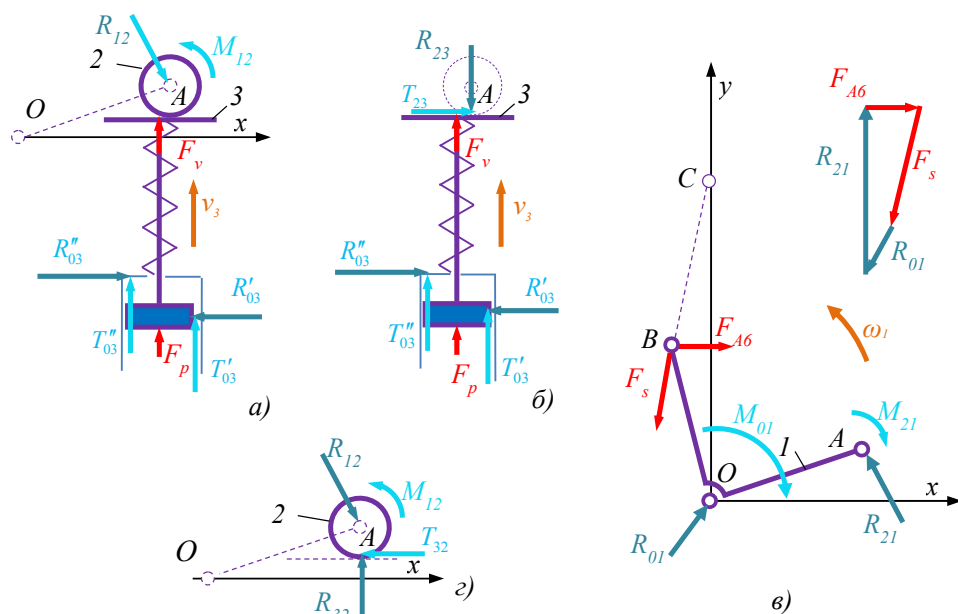
На Фиг. 17 е разгледано кинетостатичното равновесие за клапана за етапа на отваряне в подетапа на задвижване от клапанната пружина. Отварящата нишката от СПФ е преместила кобилицата до неустойчивото равновесно положение, след което нейната дължина е станала по-голяма от необходимата и условно би трябвало да се натовари на натиск. Тъй като нишката осъществява еднопосочна връзка, която поема само опън, след неустойчивото равновесно

положение тя губи устойчивост и практически не оказва никаква сила. Тогава обаче конфигурацията на клапана е такава, че се включва клапанната пружина, която заедно с буталната сила надделява съпротивлението и силата на рекупиращата пружина.

В резултат на клапанната пружинна сила F_v кобилицата се завърта до максимално отворено положение, където се опира в ограничителя и там остава постоянно отворена, докато не се задейства затварящата нишка.

Условията за равновесие на плъзгача 3 са същите като тези в предишния подетап, поради което за реакциите R'_{03} , R''_{03} и R_{23} остават в сила същите зависимости (38), (39) и (40).

И в този подетап са приети същите опростяващи предпоставки за R'_{03} и R''_{03} и триеният момент M_{01}^T . Силите на триене R'_{03} и R''_{03} са приети постоянни, защото основно се формират от уплътненията между корпуса и



Фиг. 17 Кинестатично равновесие на силите в етапа на отваряне, когато е нишката от СПФ 6 е демпферираща: а) сили действащи на асурова група 2-3; б) сили, действащи на бутало 3; в) сили, действащи на ролка 2; г) сили, действащи на кобилица

буталото, а освен това променливото рамо на силата R_{12} е пренебрежимо малко. За да се пресметне триещият момент M_{01}^r е построен полигонът на силите (Фиг. 13 б) за кобилицата и са записани двете проекционни уравнения

$$\begin{cases} F_{A6} - F_s \sin \beta - R_{01} \cos \alpha_{01} = 0 \\ R_{21} - F_s \cos \beta - R_{01} \sin \alpha_{01} = 0 \end{cases} \quad (45)$$

от които е изведено

$$R_{01} = \sqrt{F_{A6}^2 + F_s^2 + R_{21}^2 - 2F_{A6}R_{21} \sin \beta - 2F_sR_{21} \cos \beta}, \quad (46)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представена е нова оригинална структура на механизъм с рекупериращо действие и бистабилно поведение, задвижван чрез слави с памет на формата.

Извършен силов анализ на оригинален механизъм с бистабилно действие, задвижван от сплави с памет на формата. На базата на този анализ са оптимизирани

параметрите на звената, с оглед на минимизиране на енергийните разходи.

Подробно е описана кинематиката на механизма и са определени моментите и силите на действащите в механизма еластични звена.

Влиянието на силите от нишките от сплави с памет на формата е определено от условията за статично равновесие в крайните положения и възможностите за задвижване. На базата на предварително пресметнатите натоварвания, направения избор на материалите и описаните конструктивни особености е изследвано влиянието на силите на триене и са оптимизирани параметрите на механизма.

На основата на подробен кинестатичен анализ е установено, че важно значение за оптималната работа на механизма има положението на неустойчиво равновесие, което влияе на хода на механизма и големината на силите в крайните положения. Доказано е, че силите на нишките от СПФ изместват положението на неустойчиво равновесие в благоприятна посока като удължават хода на изпълнителното звено.

Резултатите от изследванията в настоящата статия ще се използват като основа на бъдещи изследвания на механизма, касаещи динамиката и управлението. На

базата на настоящите изследвания е защитен патент в Обединеното кралство [14].

Благодарности

Изследванията, отразени в *настоящата статия* са *финансирани* от НИС към ТУ-София по *договор* 181ПД0007-05.

Литература

1. **Митрев Р.**, Обратна кинематика на строителни манипулатори с излишна степен на свобода, Българско списание за инженерно проектиране, 37, 2018, стр. 9-21, ISSN 1313-7530.
2. **Boudreau R., Scott Nokleby**, Force optimization of kinematically-redundant planar parallel manipulators following a desired trajectory, Mechanism and Machine Theory, Volume 56, October 2012, Pages 138-155
3. **Bin W., Lim Guilin Yang Song Huat Yeo Shabbir Kurbanhusen Mustafa**, A generic force-closure analysis algorithm for cable-driven parallel manipulators, Mechanism and Machine Theory Volume 46, Issue 9, September 2011, Pages 1265-1275,
4. **Conte F. L., George G. R., Mayne R. W., Sadler J. P.**, Optimum Mechanism Design Combining Kinematic and Dynamic-Force Considerations, J. Eng. Ind 97(2), 662-670 (May 01, 1975) Online July 15, 2010
5. **Durango S; Gabriel Callell; Oscar Ruiz**, Analytical method for the kinetostatic analysis of the second-class RRR Assur group allowing for friction in the kinematic pairs, J. Braz. Soc. Mech. Sci. & Eng. vol.32 no.3 Rio de Janeiro July/Sept. 2010
6. Dynalloy, Inc. Technical Characteristics of Flexinol Actuator wire http://www.dynalloy.com/tech_data_wire.php, 06.10/2018.
7. **Rankers A. M.**, SAM (Simulation and Analysis of Mechanisms) A PC-program for the motion and force analysis of planar mechanisms based on the Finite Element Method, Contribution to the ASME 2002
8. **Turkkan, Omer Su, Hai-Jun.** (2014). A Unified Kinetostatic Analysis Framework for Planar Compliant and Rigid Body Mechanisms. V05BT08A090. 10.1115/DETC2014-34736
9. **Turkkan O A., and Su H. J.**, A Unified Kinetostatic Analysis Framework for Planar Compliant and Rigid Body Mechanisms, ASME Proceedings, 38th Mechanisms and Robotics Conference Paper No. DETC2014-34736, pp. V05BT08A090; 10 pages doi:10.1115/DETC2014-34736 ASME 2014
10. **Zhao Y., J. F. Liu and Z. Huang**, A force analysis of a 3-RPS parallel mechanism by using screw theory, Volume 29, Issue 7, 2011, pp. 959-965
11. **Zhang D., Fengfeng Xi, Chris M Mechefske, Sherman Y.T Lang**, Analysis of parallel kinematic machine with kinetostatic modelling method, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Volume 20, Issue 2, April 2004, Pages 151-165
12. **Zhang D., Zhuming Bi, Beizhi Li**, Design and kinetostatic analysis of a new parallel manipulator, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Volume 25, Issues 4–5, August–October 2009, Pages 782-791
13. **Zhang D., Clément M. Gosselin**, Kinetostatic Analysis and Design Optimization of the Tricept Machine Tool Family, Journal of Manufacturing Science and Engineering (J. Manuf. Sci. Eng.), 124(3), 725-733 (Jul 11, 2002) (9 pages) doi:10.1115/1.1471529
14. **Kostov, M.S., Todorov T. S, Milkov M. J., Penev I. R.**, Bistable valve actuator, GB 2558616 A, Ap. No: 1700422.7, 18.08.2018

FORCE ANALYSIS AND KINEMATIC OPTIMIZATION OF ON/OFF VALVE DRIVEN BY SHAPE MEMORY ALLOYS

Ivailo PENEV¹ Todor TODOROV¹

¹Theory of mechanisms and machines department, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: tst@tu-sofia.bg

Abstract: The article describes the design and force analysis of a new mechanism with a bistable action driven by shape memory alloys. Based on this analysis the unit device parameters are optimized with a view energy costs. The kinematics of the mechanism is described in detail and the moments and forces of the elastic members operating in the mechanism are determined. The influence of forces of shape-alloy threads is determined by static equilibrium conditions in end positions and propulsion. On the basis of the pre-calculated loads, the choice of materials and the described structural features, and the influence of the friction forces have been investigated. The results obtained are applied for parametric mechanism optimization.

Keywords: bistable mechanism, shape memory alloy, force analysis

ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЕНИЕ НА УСТРОЙСТВА ПОСРЕДСТВОМ SSH ТУНЕЛ

Валентин ХРИСТОВ

катедра „Компютърни системи”, ТУ-София, България

e-mail: v_hristov@tu-sofia.bg

Резюме: Настоящата статия е посветена на решаването на един актуален проблем при Internet of Things- IoT за сигурността при отдалечено управление на устройства за автоматизация на дома през Интернет. Като цяло, тези устройства могат да бъдат проблем за сигурността, тъй като крпките и обновяванията за операционната система не достигат до потребителите на по-старите и евтини устройства. Направените изследвания след извършването на ботнет атаки през 2016 г. потвърждават, че повечето такива устройства остават уязвими. Целта на настоящата статия е да се предложи универсално решение на проблема със сигурността при отдалечено управление през Интернет на устройства за автоматизация на дома посредством изграждане на тунел с протокола Secure Shell- SSH.

Ключови думи: Internet of Things - IoT, client-server application, Secure Shell- SSH, tunnel

1. ВЪВЕДЕНИЕ

С развитието на комуникационната и компютърната техника се появи „Интернет на всичко“ (Internet of Everything - IoE), което в много кратко време промени начина по който хората работят, учат, забавляват се и живеят. IoE [7] обединява хора, процеси, данни и неща (физически устройства). Процесите възникват между хората, данните и нещата, като комуникацията (обмена на нужната информация) е от някои от трите основни вида: човек-човек (P2P); машина-човек (M2P); машина-машина (M2M). От много голямо значение са методите и средствата за получаването, натрупването и обработването на данните, пряко свързани със сигурността и времето на предаване, анализа, моделирането [4] и прогнозирането на процесите. Известно е, че към момента 99 % от устройствата във физическия свят не са свързани, и свързването им е сериозно техническо предизвикателство за следващите няколко години.

Свързването на физическите устройства към Интернет спомага на само за увеличаване на техните функционални възможности и за постигане на по-голямо удобство при работата с тях, но и за появата на т.нар. „умни“ уреди (smart devices) и домове (smart homes) и градове. Интернет на нещата (Internet of Things - IoT) свързва smart устройства, традиционни компютърни устройства, и нетрадиционни

устройства към Интернет. В рамките на IoT комуникацията е от вида машина-към-машина (Machine-to-Machine - M2M), която дава възможност за обмен на данни между компютърни устройства без човешка намеса. Използвайки съществуващи и нови технологии, устройствата във физическия свят постепенно се свързват [7]. Очакванията са, към 2020 г. Интернет да свързва 50 милиарда устройства, които ще обменят трилиони гигабайта данни за да работят заедно за подобряване на живота и бизнеса. Този огромен трафик се очаква да се пренася през високоскоростни жични и безжични мрежи, които ще изграждат бъдещия Интернет. Различните устройства в момента са свързани в отделни независими, специализирани мрежи. Например, в търговските и жилищни сгради има различни системи/мрежи за управление на отопление, вентилация и климатизация (HVAC), телефония, видео, охрана и осветление. Тези различни мрежи се конвергират и споделят една и съща инфраструктура. Свързването на компонентите в една конвергирана мрежа (converged network), която използва IoT технологии помага на хората да подобрят своето ежедневие.

Качеството на обслужване по същество включва поддържане под определени нива на загубите, закъсненията и джитера (вариантът на закъсненията) при обмен на данните. Очевидно е, че познаването на тези параметри за различни мрежови конфигурации е от много голямо

значение при проектирането и/или внедряването на нови протоколи и услуги [6]. Съвременните жични и безжични мрежи предоставят все по-висока скорост на предаване на данните като се поддържа качество на обслужване (*QoS-Quality of Service*) за различни най-вече мултимедийни, итерактивни и приложения за автоматизация на дома и за дистанционно управление на smart устройства.

Бъдещият стандарт 5G New Radio стъпвайки на 2G/3G/4G ще: увеличи пропускателната способност до над 10 Gb/s; ще увеличи броя устройства до 100 млн. на 1 км²; ще намали и гарантира времезакъснения в мрежата до 1 ms. Ясно е, че това ще доведе до революция във високоскоростното предаване на огромни обеми от данни с невероятно ниски времезакъснения за огромния брой свързани устройства, което ще доведе до по-нататъшно развитие на Интернет-IoT и IoE.

Инженерни предизвикателства са не само намаляване на консумираната енергия [2] при работа на батерии, справяне с ограниченията по отношение на софтуера, свързани с хардуера на устройства, комуникацията в реално време, но и сигурността на устройствата при автоматизация на дома, тъй като кръпки (patches) за грешки, открити в софтуера, включително операционната система, често не достигат до потребители на относително стари и евтини устройства. След извършването на ботнет атаки през октомври 2016 г. направените изследвания показват, че 87% от активните устройства са уязвими въпреки усилията на доставчиците да поддържат такива устройства с поправки и актуализации.

Целта на настоящата статия е да се предложи универсално решение на проблема със сигурността на устройствата при отдалечено управление през Интернет.

2. РЕШЕНИЯ ЗА ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЕНИЕ ПРЕЗ ИНТЕРНЕТ

Съществуват множество решения за отдалечено управление през Интернет, които следва да се разделят в две групи: 1) такива с уеб-базирано [6] управление (уеб-интерфейс) и 2) такива на базата на клиент-сървърни разпределени приложения. При управлението

посредством уеб-приложения отдалеченият потребител се свързва със системата чрез уеб-браузър [1]. Интерфейсът за управление се изгражда в прозореца на браузъра. По този начин системата става платформено независима-потребителят може да използва всеки уеб-браузър, инсталиран върху всяка операционна система. В [1] проблемът със сигурността има конкретно решение-конфигуриране на XAMP сървър по специфичен начин и използване сигурен PHP код за автентикация и ауторизация на потребителите.

При подхода, базиран на инсталирано приложение, отдалеченият потребител използва специална клиентска програма за достъп до системата, която трябва да бъде предварително инсталирана на потребителския компютър. Подходът е платформено зависим – за всяка операционна система трябва да бъде разработвана отделна програма.

Съществуват и множество решения за отдалечено управление чрез предаване на съобщения през Интернет като например Facebook, Telegram Messenger [3].

Характерно за всички обсъдени по-горе решения за отдалечено управление през Интернет е, че липсва универсално решение за проблема със сигурността.

Друг подход е вместо традиционната клиент-сървър технология да се използва Message Queue Telemetry Transport – MQTT (стандарт от 2013г). Този протокол [7] е от типа publish/subscribe за комуникация между машини, изграден върху TCP/IP в реално време. Протоколът използва MQTT брокер, който разпределя съобщенията между MQTT клиентите. Съществуват множество Open source библиотеки на различни програмни езици. Например, Mosquitto е пример за MQTT брокер с отворен код, написан на програмния език C. Поддържа версии на MQTT протокола 3.1 и е наличен за всички популярни GNU/Linux дистрибуции: Debian, Ubuntu, Fedora, RedHat Enterprise Linux, openSUSE, CentOS, ArchLinux, Slackware и също за Windows, FreeBSD и Mac. Paho предоставя имплементации на MQTT клиенти на C/C++, Java, JavaScript, Python и C#. Съществува MQTT библиотека за Arduino [1]. Взаимодействието между клиентите и брокер

накратко е дискутирано по- долу: MQTT клиентите са софтуерни приложения, които изпращат и получават съобщения и се свързват към MQTT брокер. MQTT брокерът се изпълнява като демон и се грижи за разпределянето на съобщенията между клиентите. Сигурността на комуникациите се осигурява чрез криптиране на предаваните данни с TLS/SSL, автентикация с потребителско име и парола и авторизация, и Access Control Lists [5]. При този подход за решаване на конкретната инженерна задача недостатък е наличието на много клиенти от тип subscriber и по- трудното му имплементиране върху ограничени като хардуер устройства/контролери. Оттук и предизвикателствата при осигуряване криптиране на данните и сигурността на такива ограничени като хардуер устройства.

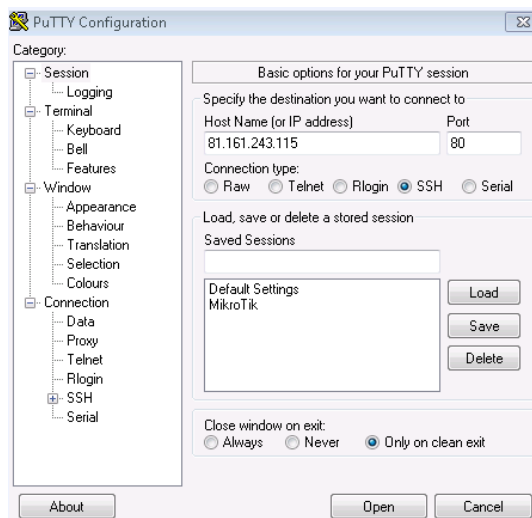
3. СИГУРНО УПРАВЛЕНИЕ НА УСТРОЙСТВА ПОСРЕДСТВОМ SSH ТУНЕЛ

По- долу се предлага едно универсално решение на проблема със сигурността при устройства с ограничен хардуер и/или софтуерна поддръжка чрез преместването им зад firewall [5] (защитната стена) на SOHO мрежата и дистанционното им управление през изграден SSH тунел за криптиране на данните.

За реализацията на предлаганото решение в частта му по преместването на физически свързани към Интернет устройство/а зад защитна стена (firewall) и дистанционното им управление чрез SSH тунел е необходим безжичен рутер с интегриран firewall и поддържащ SSH входяща сесия (SSH сървер). Такива са повечето среден клас SOHO- Small office/home office 802.11n рутери.

Експериментът и съответната мрежова топология са реализирани с безжичен рутер на MikroTik [8] в лаборатория 1309 на ТУ- София. Интерфесът му към WAN (мрежата на ТУ- София) е конфигуриран с IPv4 address: 81.161.243.115/25. LAN интерфесът му към (LAN мрежата в лаборатория 1309) е конфигуриран с IPv4 address: 192.168.1.1/24 и са конфигурирани firewall и SSH услугите. Като устройство с ограничен хардуер и софтуерна поддръжка е избрано netDVR [9] устройство с IPv4 address:

192.168.1.30/24. Използват два порта: за конфигуриране/управление порт 80 (http), и за видео стриминг- 34567.



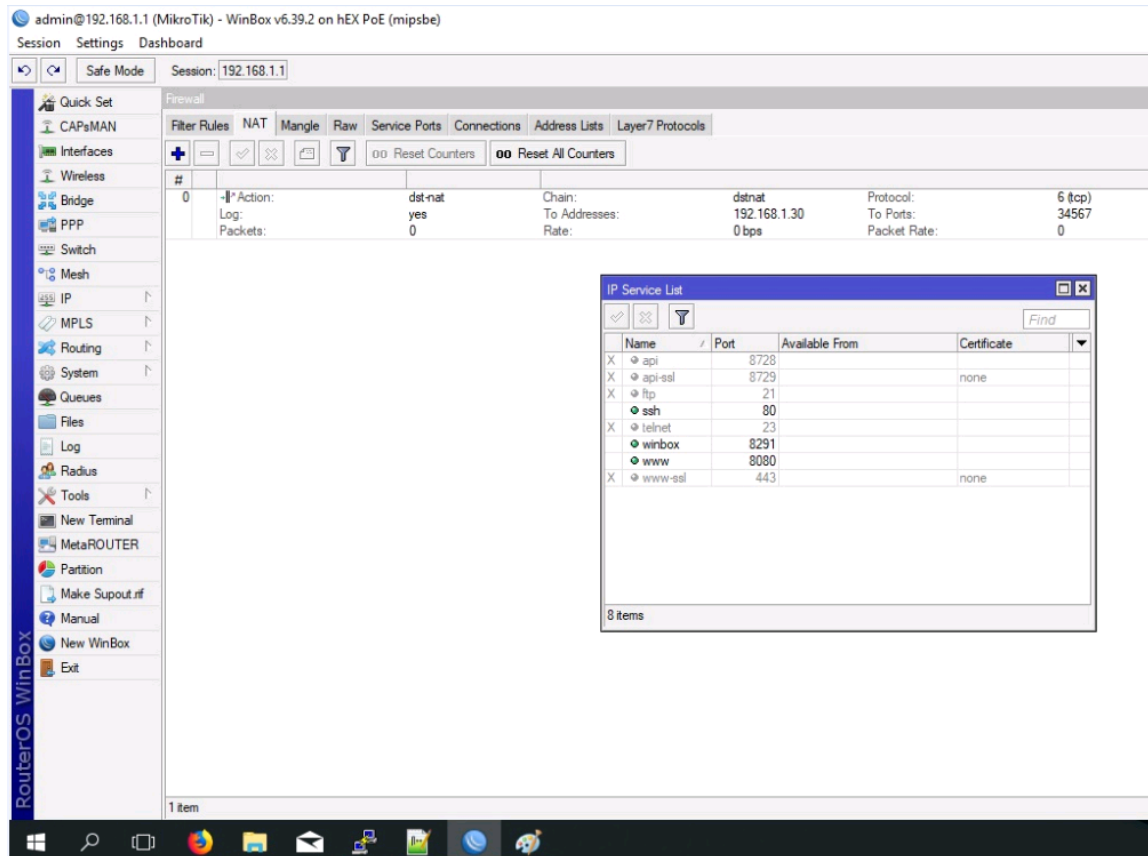
фиг.1 Работен екран при стартиране на PuTTY

При реализацията на предлаганото решение във частта му по създаване на тунел чрез SSH протокола и използването му за сигурното управление на устройството (в изградения тунел обменяните данни се криптират) се използва безплатната програма PuTTY за Windows (SSH клиент). На фиг. 1 е показан работен екран от конфигурирането на PuTTY за реализиране на SSH сесия с безжичния рутер MikroTik.

Както се вижда от фиг. 1 и фиг. 2 портът за SSH сесията е 80 (http), а не well-known порта за SSH- 22. Промяната на порта за SSH сесия с рутера не е задължителна, но е направена поради факта, че някои интернет доставчици филтрират трафика използващ порт 22. Записването на сесията под дадено име (Например, MikroTik) се реализира с бутона Save (фиг. 1).

Зареждане на вече записана конфигурация (фиг. 1), например тази с името MikroTik, се реализира като конфигурацията се избере и се кликне върху бутона Load.

След кликане върху бутона „Open“ започва процеса по стартиране на SSH сесия с безжичния рутер.



фиг.2 Задаване на портове на услугите на MikroTik и NAT конфигурация.

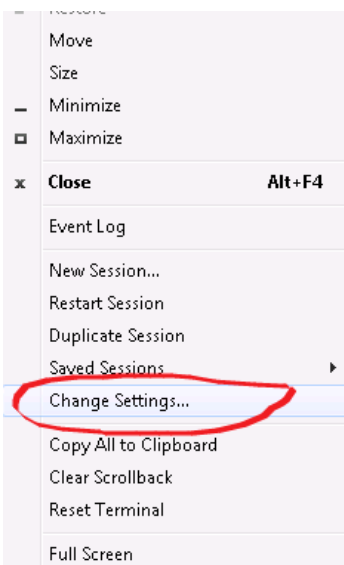


фиг.3 Стартиране на SSH сесия с безжичния рутер MikroTik

На фиг. 3 е представен прозорецът на приложението PuTTY (след клик върху бутона „Open“), където последователно се въвеждат валидни потребител (в този пример, admin) и парола (същата не се показва). След като са въведени валидни потребител и парола се създава SSH тунел между компютъра- SSH клиент (програмата PuTTY) и MikroTik рутера- SSH сървер.

На фиг. 5 е показан работен екран за примерно конфигуриране на PuTTY за реализиране на сигурно управление на устройства зад рутера (LAN) по така създадения SSH тунел (в изградения тунел обменяните данни се криптират). Един начин да се достигне това меню е чрез десен клик

върху заглавния ред на прозореца (фиг. 3) на приложението PuTTY и избор от появилото се контекстно меню (фиг. 4) на „Change Setings...“.

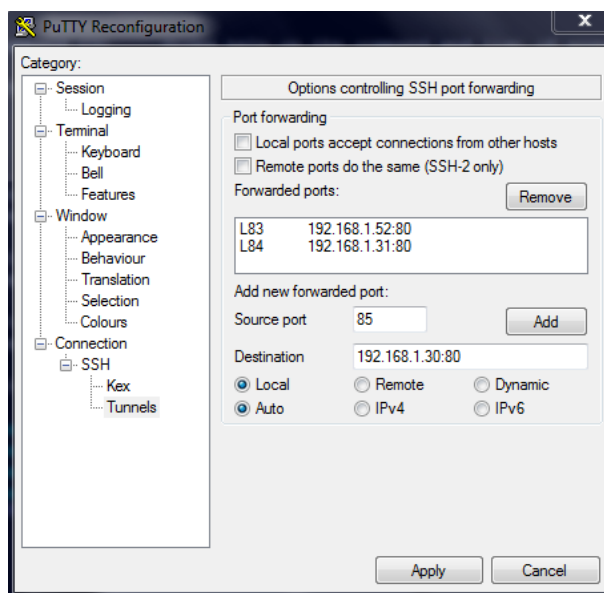


фиг.4 Реализиране на избор от контекстно меню на PuTTY

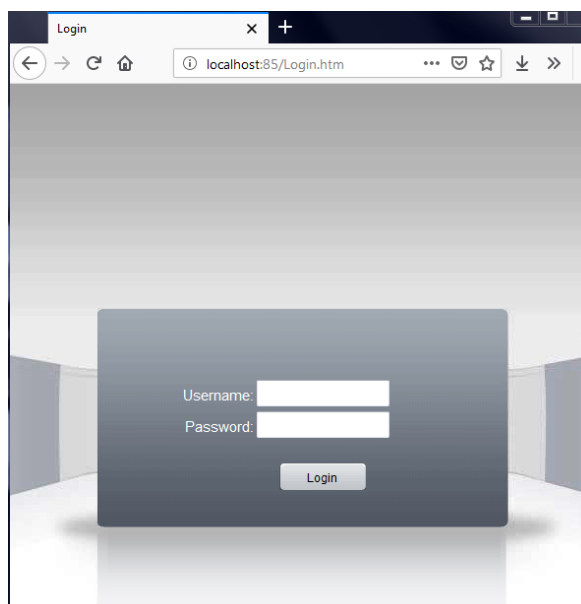
Отваря се втори прозорец (фиг. 5) на приложението PuTTY (след избор от контекстно меню на „Change Setings...“), в който последователно от дървото с категориите се избира: Connection-> SSH-> Tunnels.

След което, последователно за всяко достъпвано устройство/услуга зад рутера, се въвеждат локален порт (Вж. на фиг. 5 полето Source port под “Add new forwarded port:”) на компютъра и сокета, към който се пренасочва (Вж. на фиг. 5 полето Destination под “Add new forwarded port:”). Всяко пренасочване се добавя чрез бутона “Add“ в списъка под “Forwarded ports:”.

В конкретния пример, за да се управлява по DVR устройството по http (192.168.1.30:80) през SSH тунела е избран да се използва локалния порт 85 (localhost:85), поради това локалния порт се пренасочва към Destination 192.168.1.30:80 (фиг. 5).



фиг.5 Конфигуриране на локалните портове



фиг.6 Предоставяне на http услуга по SSH тунел

След това, така направените промени в конфигурацията (пренасочвания) същите се записват за да са налични при всяко изграждане на SSH тунела между компютъра с PuTTY и

безжичния рутер. Трябва да се отбележи, че в изградения тунел обменните данни се криптират

Накрая е направена проверка на работоспособността на предложеното решение. За тази цел е стратиран уеб-браузер, като в адрес бара му е въведено localhost:85. Работен екран е показан на фиг. 6, от който е видно, че се предоставя досъп до устройството (т.е. http услуга) по изградения SSH тунел, в който обменните данни се криптират.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статията е представено едно универсално решение на проблема със сигурността при дистанционното управление през Интернет на устройства с ограничен хардуер и/или софтуерна поддръжка посредством изграждане на SSH тунел и криптиране на предаваните данни.

Разгледани са в детайли методиката, стъпките и начина на работа по изграждане на SSH тунел, по този начин статията се явява и своеобразно ръководство на потребителя. Предложената методика би била полезна както за мрежовите администратори, така и за приложни изследвания и образователни цели.

Литература

1. **Христов А., Трифонов, Р.** Проектиране на система за дистанционно управление на електроуреди през Интернет, CАx Technologies, ISSN 1314-9628, брой №6, декември 2018г, с. 43-48.
2. **Hristov, V.** The zigbee wireless networks:a realization, Proc. of the Conference FMNS'05, Blagoevgrad,9-11 June 2005, vol. 1, pp. 136- 143.
3. **Панкратъев Д.** Електроприборами управляет Facebook,-Радио, 2018, № 9, с. 44-47.
4. **Митрев Р.** Моделиране на аварии на индустриално оборудване чрез вериги на марков,CАx technologies, брой №4, декември 2016, ISSN 1314-9628, с. 39-45
5. **Slavov Z., Hristov V.** Building an universal network security model, proc. of the conference electronics ET'2006, Sozopol, Septtember 20-22, 2006, pp. 3- 8.
6. **Tudjarov, B., V. Penchev, N. Kubota, J. Botzheim,** Web Intelligence-Engineering Calculations and Open Innovation, Machine Design, Vol.5(2013) No.4, ISSN 1821-1259, Serbia, pp. 133-140
7. **Vongsingthong S., Smanchat S.** Internet of things: a review of applications and technologies. Suranaree Journal of Science & Technology, 2014, vol.21, issue 4, p.359-374.
8. https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Configuration_Management

REMOTE CONTRL OF DEVICES TROUGH SSH TUNNEL

Valentin HRISTOV

Computer systems department, Technical University- Sofia, Bulgaria

e-mail: v_hristov@tu-sofia.bg

Abstract: The present paper is dedicated to solving the problem of security of Internet of Things - a nowadays problem, especially for devices for home automation. In general, these devices can be a problem for security, since patches to bugs found in the core operating system often do not reach users of older and lower-price devices. After carried on botnet attack in 2016 the researchers say that the failure of vendors to support older devices with patches and updates leaves more of active devices vulnerable. The aim of present work is to propose a universal approach for securely remote control of the devices via Internet using SSH tunnel.

Keywords: Internet of Things - IoT, remote control, client-server application, Secure Shell- SSH, tunnel

ОПРЕДЕЛЯНЕ И ПРОГНОЗИРАНЕ НА КОНСТРУКТИВНИТЕ ЕНЕРГИЙНИ ИНДЕКСИ НА ТЪРГОВСКИТЕ КОРАБИ

Асен НЕДЕВ¹ Благвест БЕЛЕВ² Росен АТАНАСОВ³

^{1,3} Катедра „Експлоатация на флота и пристанищата“ – ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“ България
e-mail: as.nedev@abv.bg; r.atanasov_vn@abv.bg

² Катедра „Корабоводене“ – ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“ България
e-mail: bl.belev@naval-acad.bg

Резюме: Въпросите за осигуряване на енергийната ефективност на корабоплаването, предизвикани от дефицита на енергийните ресурси в световен мащаб намериха своето отражение в специално разработените изисквания на регламентиращите и контролиращи професионални браншови организации и преди всичко в регламентите на Международната Морска Организация (International Maritime Organization, IMO). При това в публикациите за оценяване на експлоатационните качества на корабите се обръща внимание на два аспекта: конструктивен, определящ включването на икономическите и екологични показатели в новите проекти и експлоатационен, свързан с приемането на такива управляващи решения, осигуряващи достигането на проектните показатели в процеса на експлоатация.

Ключови думи: EEDI, EEOI, енергийната ефективност, корабоплаване

1. СЪСТОЯНИЕ НА ПРОБЛЕМА

Отговорът на международната морска общественост на усилията на държавите за опазване на околната среда са действията, водещи до подобряване на енергийната ефективност и намаляване на парниковите емисии в атмосферата. Обобщавайки двете групи от мероприятия под общото наименование „Енергийна ефективност на кораба“ международната морска организация от 2000 год. до сега е издала три доклада – студии, представящи изследванията в тази област и комплекс от препоръчителни и задължителни мерки. [17,20,21].

Като следваше указанията на Резолюция 8 от конференцията на страните, ратифицирали МАРПОЛ-73/78 (Международна конвенция за предотвратяване замърсяването на морето), IMO прие през декември 2003 год. резолюция А.963[23], „Политика и практика на IMO, отнасяща се до намаляване на изхвърлянето на парникови газове от корабите“. В документа се казва, че намаляването на замърсяването на въздуха може да се постигне чрез приемане на технически и експлоатационни мерки на базата на методика и инструменти, които да описват ефективността на кораба от гледна точка на разхода на гориво и на количеството на изхвърлените парникови газове [12].

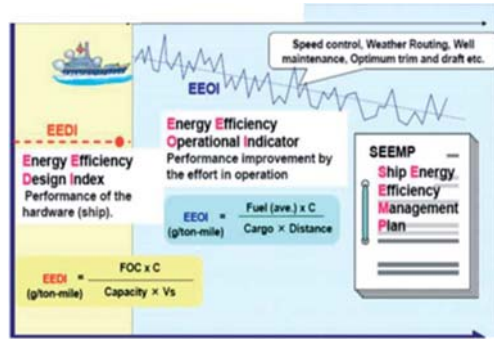
В студията на IMO за парниковите емисии от 2009 год. и в последващи издания на научни

публикации са предложени три групи инструменти за регулиране на парниковите газове (CO_2) от производствената дейност на корабите [1,15,16,18,19]

- Технически инструменти – Конструктивен индекс за енергийна ефективност EEDI (Energy Efficiency Design Index);
- Експлоатационни методи – Експлоатационен индекс за енергийна ефективност EEOI (Energy Efficiency Operational Index) и корабен план за енергийна ефективност SEEMP (Shipboard Energy Efficiency Management Plan);
- Пазарни инструменти – търговия с емисии, данъци, конкурентна среда на бункеровниците.

На фиг.1 са показани компонентите на стратегията на IMO, и взаимодействията между техническите (EEDI) и експлоатационните индекси (EEOI), така че да се постигне максимална енергийна ефективност чрез корабната конструкция и оптимизирането на управлението [1].

Факторите за минимизация на значенията на индексите на енергоефективността са различни за новите кораби, намиращи се на етапи на проектиране и строителство и за корабите в експлоатация [19,20].



фиг.1 Основни компоненти на правилата за енергийна ефективност, приети от ИМО

От формална гледна точка намалението на показателя на енергийна ефективност EEOI (виж фиг.1) е възможно както при намаление числителя във формулата (разхода на гориво за всички потребители на кораба), така и при увеличение на знаменателя (произведената от кораба транспортна работа). Стойността на числителя в двете уравнения на фиг.1 зависи от разхода на гориво, който е в тясна зависимост със съпротивлението на движение на кораба, а следователно и с техническото състояние на външната обшивка на корпуса и приемането на решения за почистване от обрастване, отстраняване на грапавини, неравности, боядисване с полиращи и антиобрастващи бои и др. Съвременното състояние на тези въпроси е

описано от Даниел Кейн в доклада му „Разработка на по-ефективно по разхода на гориво почистване на корпусите и своевременно обслужване на подводните части“, изнесен на конференцията по корабна ефективност в Хамбург през 2015г. [14].

Детайлна и подробна систематизация на всички въпроси, свързани с конструктивните и операционни индекси на енергоефективността е представена в докладите [9,10] на д-р Едмунд Хюгз. Освен другите фактори Хюгз отбелязва, че потенциалът за операционно съкращаване на вредните отпадъци се състои в 1-3% за сметка на усъвършенстване на автопилота и в 10-30% за сметка на намаление на експлоатационната скорост.

Конструктивният индекс за енергийна ефективност (EEDI) е в сила за новостроящи се кораби след 01.01.2013 год. Най-общата дефиниция за индекса представлява отношението между емисиите на един кораб и превозваните товари в резултат на търговската му експлоатация и чрез индекса се търси комплексен подход за регулиране на енергийните разходи на кораба и ползата от тях – икономическа, екологична, социална. В Резолюция МЕРС 212(63) от 2012 год. [20] е включена разширената формула за изчисляване на EEDI, която отразява идеята за комплексно развитие на всички енергоемки механизми и насърчаването на действията на морската общественост към прилагане на иновации в отрасъла:

$$EEDI = \frac{(\prod_{j=1}^M f_j)(\sum_{i=1}^{n_{ME}} P_{MEi} C_{FMEi} \cdot SFC_{MEi}) + P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}^*}{f_i \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w} + \frac{\prod_{j=1}^M f_j \left((\sum_{i=1}^{n_{PTI}} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{n_{WHR}} P_{WHRi}) C_{FAE} SFC_{FAE} - (\sum_{i=1}^{n_{eff}} f_{eff} P_{eff} C_{eff} SFC_{MEi}) \right)}{f_i Capacity \cdot V_{ref} f_w} \quad (1)$$

където:

P_{ME} - мощност на главния двигател, kW;

P_{AE} - мощност на спомагателните двигатели, kW;

$P_{PTI(0)}$ - мощност на валогенератора, kW;

P_{WHRj} - мощност на електродвигателя, задвижващ гребния винт, kW;

P_{eff} - мощност, получена на базата на иновативни технологии, kW;

P_{AEff} - мощност, получена в резултат на утилизация на изгорелите газове при различни типове кораби;

V_{ref} - скорост на кораба, kn;

C_F - коригиращ фактор за връзката между отделените CO₂ емисии

и консумацията на гориво, ton CO₂/ton гориво;

SFC - специфичен разход на гориво, g/kWh;

F_j - коригиращи фактори, изразяващи спецификата на корабния

дизайн. Определят се в зависимост от ледовия клас на кораба, танкер тип „совалка” или за други типове кораби;

f_w - фактор, отчитащ хидрометеорологичните условия (височина на вълната, скорост на вятъра);

f_{eff} - фактор, отчитащ налични енергийно ефективни иновативни технологии (фотоволтаици);

f_i - фактор, отчитащ товарната вместимост;

f_c - коригиращ фактор (кубичен) за LNG танкери и химикаловози.

Така представена формулата изглежда доста сложна, но на практика тя може да бъде разделена на части, които отразяват ефективността на главната машина, спомагателните механизми и възможностите за прилагане на нови технологии за задвижване на корабите.

В горната формула за изчисляването на EEDI са взети предвид конструктивни параметри, които притежават потенциал за намаляване на въглеродните емисии. Целта на EEDI е да се осигури справедлива база за сравнение, за да се стимулира развитието на по-ефективни кораби като цяло и да се установи минималната ефективност на новите кораби, в зависимост от типа и размера им. За оценка на минималните (препоръчителни) нива на енергийната ефективност на различните типове и големини на корабите се препоръчва използването на т.н. „референтни линии“ [22].

От 2012 година Морският комитет за защита на околната среда (MEPC) прие или измени следните по-важни насоки, които имат за цел да подпомогнат прилагането на задължителните норми на енергийна ефективност за корабите, намерили място в Приложение VI на MARPOL:

- Указания за прегледи и сертифициране на конструктивния индекс за енергийна ефективност (EEDI);
- Указания относно метода на изчисление на достигнатия конструктивен индекс за енергийна ефективност за нови кораби;
- Указания за изчисляване на референтни линии за използване на конструктивния индекс за енергийна ефективност;
- Указания за изчисляване на референтни линии за използване на конструктивния индекс за енергийна ефективност за

круизни пътнически кораби, които имат неконвенционално задвижване;

- Временни указания за определяне на минимален ход, за да се поддържа маневреността на корабите в неблагоприятни условия;
- Указания за разработване на корабен план за управление на енергийната ефективност;
- Указания за развитие на иновативни технологии за енергийна ефективност за изчисляване и проверка на постигнатия EEDI;
- Временни указания за изчисляване на коефициента f_w за намаляване на скоростта на кораба в нормални условия на плаване.
- Референтните линии са определени за всеки вид кораб, за който е приложимо правило 21 (Задължителен EEDI) от Анекс VI на MARPOL. Основните концепции, които са включени в това правило, са следните:
- Референтна линия - базова линия на EEDI, която представя референтния EEDI като функция от размера на кораба, (дедудейта (DWT));
- Фактор на редукция - представя в проценти намаляването на EEDI спрямо референтната линия, която се изисква от правилото за предстоящите години на експлоатация на кораба. Този фактор се използва за затягане на правилата за прилагане на EEDI тогава, когато се пропусне някакъв времеви период, чрез увеличаване на стойността на индекса.
- Гранични нива - по-малък размер кораби, които са изключени от изискването да имат EEDI, поради някои технически причини. По този начин задължителният текст определя граничния размер кораб, за който се отнася.
- Фази на изпълнение - EEDI ще се изпълнява на етапи. В момента изпълнението се намира във фаза 1, която тече от 2015-та до 2019-та година. Фаза 2 ще се проведе от 2020-та до 2024-та година, а фаза 3 - след 2025-та година [13].

На базата на данни на IMO са изведени ориентировъчни референтни линии на EEDI за различните видове кораби, които подлежат на доуточняване. По изисквания на IMO, индексът трябва да бъде понижаван с по 10% на всеки 5 години, т.е. корабите построени в периода 2015-2019г., трябва да имат EEDI с 10% по-нисък от тези, построени в периода 2013-2015. Идеята на IMO е корабите, построени след 2025г. да са с 30% енергийно по-ефективни от съществуващите в момента.

Задачата, която сме си поставили е да проверим какви са нивата и тенденциите на изменение на стойностите на конструктивните индекси за основните кораби в средата на първия времеви период 2015-2020 год. В изследването сме включили две групи кораби (танкери и контейнеровози), чийто корпусни конструкции са носители на различията в общите характеристики и отношенията на основните размери, използвани в корабостроенето. Основната практическа задача, която сме си поставили е да установим, какво е влиянието на типа и размера (товарния капацитет) на кораба върху енергийната му ефективност. Като изходна база при изследването сме използвали индивидуалните референтни базови линии за различните типове кораби, разработени от IMO съгласно указанията на Резолюция 231(65) на МЕРС [22,24]. При това обаче ние имаме предвид, че изходните базови линии са получени чрез обработка на исторически статистически данни, отнасящи се за корабите, построени през последните десет години. Тъй-като в IMO са нямали достъп до пълните проектни данни за тези кораби, са направени опростяващи допускания, за да се улеснят конкретните изчисления [5]. Например като конкретен специфичен разход на гориво е била приета стойността $SFC=190 \text{ g/kWh}$, която е равна на прогнозата на IMO за бавнооборотни корабни дизелови двигатели, изгарящи мазут. Регламентът на IMO за пресмятане на EEDI изисква прилагането на специфичен разход на гориво при 75% MCR, цитиран в Международния сертификат за превенция от замърсяване на въздуха от двигателите (EIAPP-Engine International Air Pollution Prevention). Пробните измервания за EIAPP – сертификата обикновено се правят за MDO (средно дизелово гориво) по условията на

ISO. Съществена неопределеност на статистиката на IMO се съдържа в някои от историческите данни за характеристиките на корабите, особено на приетата експлоатационна скорост на всеки конкретен кораб. Поради това възникват определени резерви към получените от IMO референтни експлоатационни зависимости и даже се изразяват мнения, че те вършат не добра работа в представянето на средните стойности на данните за ефективността на всички типове кораби[5,11].

Горните факти наложиха един по-внимателен подход при набирането на статистика и организацията на базата от данни.

Въз основа на тези най-общи изисквания и съображения приемаме, че за оценка и управление на енергийната ефективност на корабите трябва да бъде намерен отговор на следните задачи:

- Определяне влиянието на общите характеристики и основните показатели на кораба върху горивната и екологична ефективност.
- Влияние на големината и товарния капацитет на кораба върху енергийната ефективност.
- Влияние на основните размери на кораба и техните съотношения върху разхода на гориво.
- Влияние на работната скорост на кораба върху енергийната ефективност. Оптимизация на скоростта на товарните кораби.
- Оптимизация на корабните енергийни разходи чрез конструктивни и експлоатационни мероприятия.
- Влияние на конструктивните тегла на кораба върху енергийната ефективност.
- Експлоатационни, аналитични и статистически изследвания за изграждането на надеждни бази от данни.
- Определяне на конструктивните и оперативни индекси на конкретни кораби.

Тези етапи определят структурата на следващото изложение.

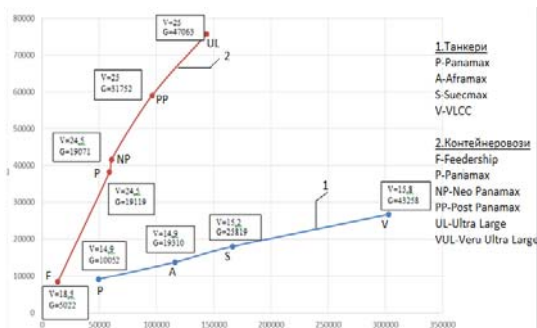
2. РЕЗУЛТАТИ

2.1. Набиране и организация на базата от данни

При решаването на тази задача обръщаме внимание на два въпроса:

- Статистически данни, отнасящи се до предходни конструкции, които да се използват за оценка на коректността на референтните базови линии обхващащи различните типове и голедини на корабите;
- Данни (условно наречени експериментални), отнасящи се към новите и перспективни проекти, позволяващи сравняването на техните енергийни индекси с референтните линии, отговарящи на стратегията на IMO за повишаване на ефективността до 2020 год. с 10%

В процеса на набирането са използвани данни, публикувани в [5,2], а така също и сведения от справочни рубрики на UNCTAD и Clarkson Research Services [6,7,8,23,25]. Въз основа на тези данни са построени графики на влиянието на вида, големината и характеристиките на корабите върху изискуемата мощност на главния двигател, която в случая се приема като показател на ефективността (фиг.2)

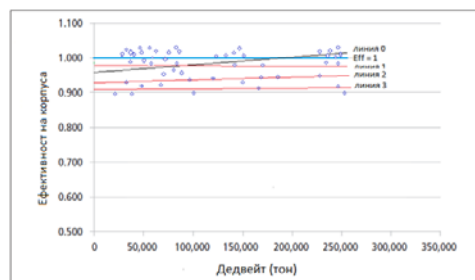


фиг.2 Влияние на дедвейта, скоростта и капацитета върху изискуемата мощност на танкери и контейнеровози.

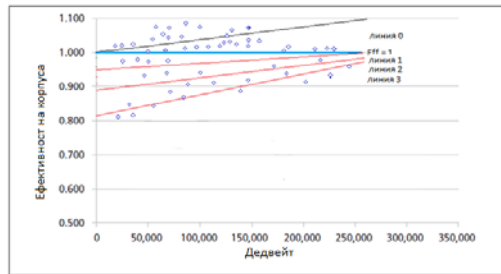
В изследването са включени следните типове кораби:

- Танкери: Panamax, Aframax, Suezmax, VLCC;
- Контейнеровози: Feeder, Panamax, Neo-Panamax, Post-Panamax, Ultra Large, Very Ultra Large.

От тези графики може да бъде потвърден изводът, че стръмността на графиката на мощността при контейнеровозите е по-голяма от тези при танкерите, което ще се отрази и върху разположението на експерименталните данни по отношение на референтните линии. Този начин на представяне на данните за стандартните кораби не е достатъчен за тяхното групиране в съответствие с изискванията, посочени в предходния текст. Такова групиране на данни може да бъде направено с помощта на регресионната формула на Holtrop Menpen за оценка на пълното съпротивление на корпуса и стандартни винтове при тиха вода [24]. С помощта на тази формула се определят безразмерните зависимости на ефективността, с отчитане на характеристиките и особеностите на корпуса (LBP, ширина, газене, коефициент C_b) и скоростта на кораба. След преизчисляване на всички данни по формулата се получават стойностите на т.н безразмерна ефективност. В графичните представяния на фиг.3 и фиг.4 пресметнатата безразмерна ефективност за всеки кораб се оценява по разположението си спрямо средната безразмерна стойност, т.е. спрямо линията $E_f=1$. Например ако изчисленият индекс на корпуса е 1,05 това означава, че корабът изисква 5% повече мощност от средната стойност. Ако изчисленият индекс е 0,95 това означава, че необходимата мощност е с 5% по-малка от медианата. Всички точки, разположени над линията $E_f=1$ се отнасят за кораби, построени десет или повече години по-рано, които се отличават от оптималните. Очевидно е, че тези кораби са били използвани при определянето на изходните референтни линии.



фиг.3 Разпределение на ефективността на корпусите на танкери по исторически и проектни данни-експеримент



фиг.4 Разпределение на ефективността на корпусите на контейнеровози по исторически и проектни данни

Линиите, означени на фиг.3 и фиг.4 с номер нула са получени по исторически данни и те се използват за построяване и проверка на базовите референтни линии. Линията означена като номер едно е горна граница на квантила, ограничаващ 25 процентната доверителна област. Това означава, че 25% от корабите, показващи най-доброто цялостно представяне са разположени под тази линия. Линиите номер две и номер три, ограничават част от този интервал и се отнасят до кораби и проекти с по-добро качество.

Този начин на графично представяне потвърждава нагледно и категорично вече направения извод за по-голяма чувствителност на енергийните индекси с увеличаване на полезния капацитет и големината на корабите при контейнеровозите. Освен това можем да направим предварително предположение, че корпусните конструкции на контейнеровозите са с по-добри хидро- динамични качества от тези при танкерите.

Получените линейни апроксимиращи зависимости, показани на фиг.3 и 4 представят добре експерименталните данни. Това потвърждава предположението, че те са добра основа за определянето на базовите линии на конструктивния енергиен индекс:

- За танкери

$$EEDI = y = 1,218,8 D^{-0,488};$$

$$R^2 = 0,9574$$
(2)

- За контейнеровози

$$EEDI = 186,52 (TEU)^{-0,2};$$

$$R^2 = 0,6191$$
(3)

2.2. Изследване на разположенията на експерименталните данни по отношение на

изходните и коригираните с 10% базови линии за танкери

Припомняме, че във формулите за енергийните индекси, представени на фиг.1, с които се изчисляват изходящите емисии на CO₂ на тон-миля, числителят показва стойността на тези емисии след отчитане на иновационни технологии, машини и механизми, а знаменателят е функция на скоростта, капацитета и специфичните фактори на кораба. Целта е сравняването на значенията на конструктивните индекси EEDI на т.н „нов кораб“ с изходните базови стойности. Новите кораби, договорени след 01.01.2013год. с предаване не по-късно от 30.06.2015год. трябва да имат индекс на или под базовата линия на EEDI (формула 2), а за кораби с договори за строене след 01.01.2015 год. базовата линия се намалява с 10%. Това изискване е валидно до 01.01.2020 год., след което базовата линия се намалява с още 10%. На фиг.5 са представени следните графики на конструктивните индекси за стандартни танкери:

- Референтна базова линия №1 от фиг.5, определена за кораби, чийто индекси са над линия №0 на фиг.3.
- Базова линия, получена чрез намаляване с 10% на изходната референтна линия №2 от фиг. 5.
- Графика №3 свързва стойностите на EEDI, пресметнати по данните за проекти, чийто стойности са в 25 процентния доверителен интервал под линия №1 от фиг.3 – условно наречена експериментална (нанесени са точките, показващи стойностите на EEDI за изследваните типове кораби).

Стандартните танкери включени в тази експериментална извадка имат основни размери и сервизни скорости, които са представителни за корабите, построени през последните десет години, но имат инсталирана пропульсивна мощност въз основа на ефективността постигната от този доверителен интервал. Както се очакваше всички тези стандартни танкери попадат под базовата референтна линия за EEDI. По-малките съдове (Панамакс и Афрамакс) отговарят на основната линия минус 10%, което означава добра оптимизация на обводите и пропульсивните уредби, т.е те изпълняват всичко нужно,

изискващо се за удовлетворяване на EEDI-нормативите през 2020 год. За корабите тип Suezmax и VLCC ще бъдат необходими някои по-нататъшни подобрения на ефективността. Предполага се, че това ниво ще може да се постигне чрез оптимизиране на формата на

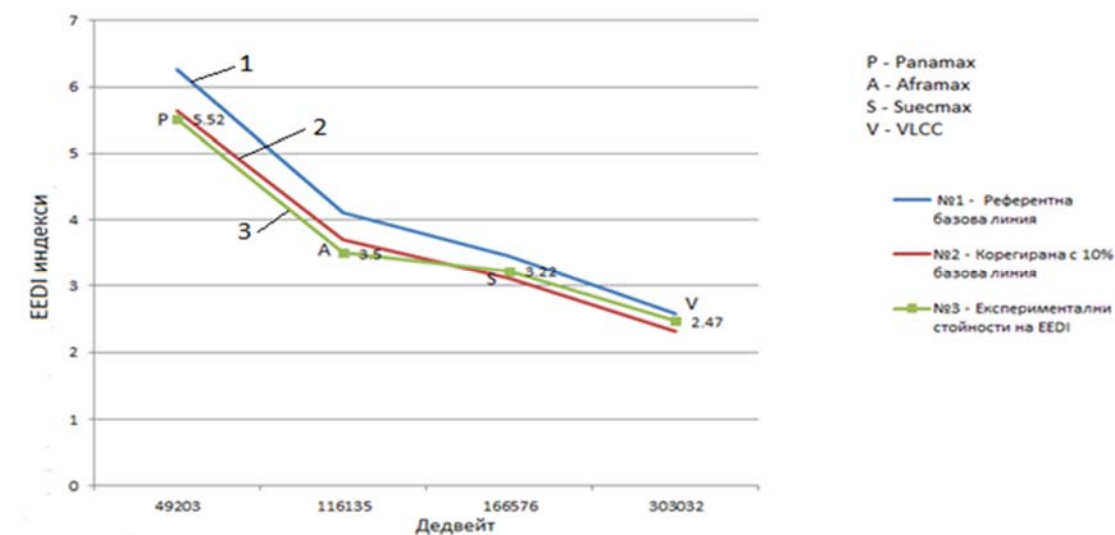
корпуса и движителите, без да се прибегва до въвеждане на иновативни технологии. Допълнителни подобрения са възможни чрез по-ефективна утилизация на енергията от енергетичната уредба. (табл. 1)

таблица 1. EEDI за танкери

EEDI \ Тип кораби	Panamax	Aframax	Suezmax	VLCC
Референтна базова линия	6,255191	4,113679	3,449734	2,57612
Коригирана базова линия	5,629672	3,702311	3,10476	2,318508
Експериментн 2017 г.	5,52	3,5	3,22	2,47

Параметър от решаващо значение при определяне на EEDI е еталонната (референтна) скорост на кораба, която се определя от анализа на скоростта по време на ходовите изпитания. Приема се, че ходовата скорост трябва да се определя съгласно ISO 15016 с корекции на базата на опростяващи допускания за състоянието на

морето, вятъра и теченията. Ако ходовите изпитания за скоростта не са извършени при референтното газене, следва да се прилагат корекции на крена и газенето въз основа на данните за изпитание на модела.



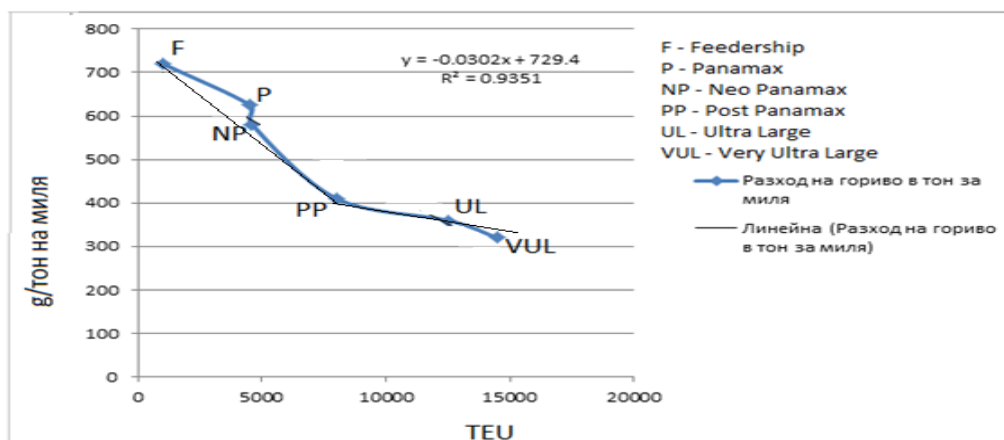
фиг.5 Танкери: Разположение на експерименталните стойности на EEDI по отношение на референтната и коригирана базови линии.

2.3. Изследване на разположението на експерименталните данни по отношение на изходните и коригираните базови линии за контейнеровози.

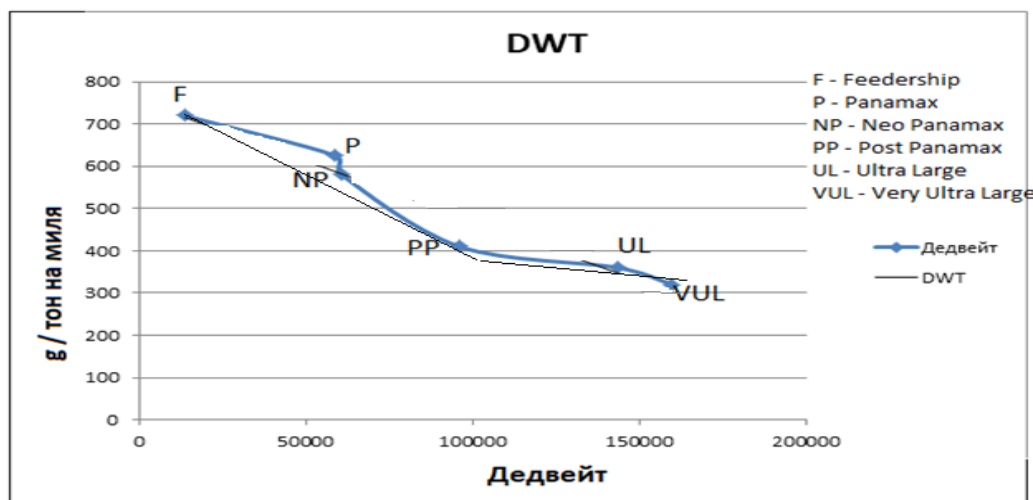
На базата на данни публикувани в специализирани изследвания [3,5] са получени предварителни зависимости за разхода на гориво за тон-миля на преместените товари (g/tm) за

контейнеровози като функция на номиналния капацитет в TEU (фиг.6) и дедвейта (фиг.7). От фигурите се вижда положителното влияние на ефекта на мащаба при по-малките кораби, чиято

стръмност намалява с увеличаването на размера. Последното може да се обясни с факта, че при по-големите кораби намаленият капацитет не може да се използва напълно.



фиг.6 Контейнеровози – влияние на капацитета в TEU върху разхода на гориво за тон-миля

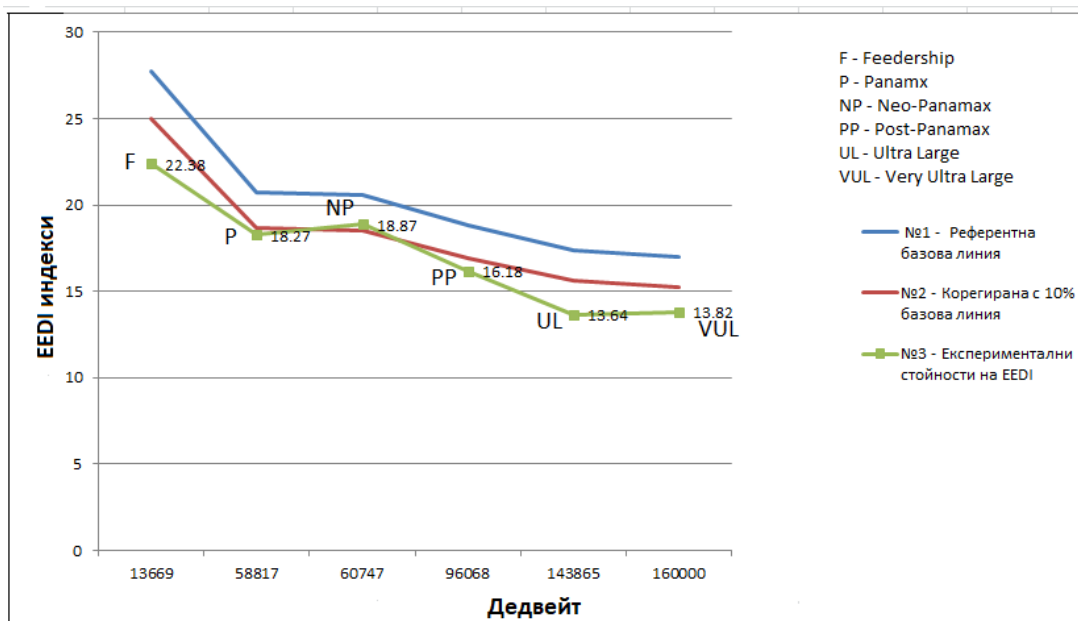


фиг.7 Контейнеровози – влияние на дедвейта (DWT) върху разхода на гориво g/тон-миля

таблица 2.EEDI за контейнеровози

Тип кораб	Feeder	Panamax	Neo Panamax	Post Panamax	Ultra Large	Very Ultra Large
EEDI						
Референтна базова линия	27.77014	20.74077	20.60727	18.80224	17.34341	16.97858

Коригирана базова линия	24.99313	18.66669	18.54654	16.92202	15.60906	15.28072
Експеримент 2017 г.	22.38	18.27	18.87	16.18	13.64	13.82



Фиг.8 Контейнеровози – Разположение на експерименталните стойности на EEDI по отношение на референтната и коригираната базови линии

На фиг.8 е показано разположението на експерименталните данни от доверителния интервал под линия 1 от фиг.4 по отношение на референтната и намалената с 10% базови линии за стандартни контейнеровози. Вижда се, че всички стандартни контейнеровози и моделни проекти с изключение на Neo-Panamax отговарят на базовата линия намалена с 10%. Това показва, че проектантите ще имат малки затруднения при посрещане на изискванията на IMO за корекциите на EEDI през 2020 год., без прибегване до иновативни технологии или намаляване на експлоатационната скорост.

Обръщаме внимание и търсим обяснение на факта, че конструктивния индекс EEDI на корабите от типа Neo-Panamax се отклонява от намаляващата тенденция на фиг.8. Още повече, че съгласно показаното на фиг.6 потреблението на гориво на тон-миля на товарите, транспортирани на Neo-Panamax е с около 14%

по-малко от това на контейнеровозите Panamax със същия номинален TEU капацитет. По-голямата ширина на Neo-Panamax – контейнеровозите позволява една по-стабилна форма на корпуса и значително намалява необходимостта от баласт. Въпреки, че разходите за преместване на TEU с контейнеровози Neo-Panamax са по-малки, корпусът на Panamax – контейнеровози е с по-голямо съотношение „дължина/ширина“, което го прави по-маневрен и по-ефективен в хидродинамично отношение. Има се предвид и това, че при пресмятането на EEDI вместо т.н „използваем“ TEU-капацитет като мярка за превозване на товар се използва дедвейта и следователно не се прави разлика между тон товар и тон баласт.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Както е показано на фиг.8 методиката за пресмятане на EEDI оценява конструкцията

Папах като по-ефективна (с постигнат по-нисък индекс). Що се отнася до контейнеровозите Нео-Папах, за да бъдат удовлетворени изискванията на EEDI-стандарта след 2015 год. ще се наложат прилаганията на иновативни технологии или намаляване на експлоатационната скорост. Същото се налага и за танкерите Suezmax и VLCC, които са с по-голям дедвейт.

Литература

1. **Бл. Белев**, Управление на енергийната ефективност на корабите „Ларго Сити“ Варна, 2017
2. **Недев, А., Р. Атанасов и др.**, Възможност за оптимизация на корабните енергетични разходи чрез конструктивни и експлоатационни мероприятия. Научни трудове – Висше военноморско училище „Н. Й. Вапцаров“ Т. 32 (2017)
3. **Недев, А., Р. Атанасов, Кр. Атанасова**, Влияние на общите характеристики и на основните размери на корабите върху горивната и екологичната ефективност, Научни трудове – Висше военноморско училище „Н. Й. Вапцаров“ Т. 32 (2017)
4. **Справочник по теории корабля. Под ред. Я. И. Войткунского, Л. Судостроение**. 1085г. Т.1 Гидромеханика, сопротивление движению судов, судовые движители. 764с
5. **ABS World Head Quarters**, Abs Ship Enrgy Efficienog Measures States and Guidanie
6. **Clarkson Research Services**. Dry Bulk Trade Outlook 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017
7. **Clarkson Research Services**. Container Inteligence Monthly 2014, 2015, 2016, 2017
8. **Clarkson Research Services**. Dry Bulk Trade Outlook
9. **Hughes E.** Energy Efficiency Design Index: context purposos and objectives. London; IMO 2011.
10. **Hughes E.** Economics of mitigation for international shiping in climate change conference – Warsaw 2013.
11. **Larkin J. at al.**, Influence of Design Parameters on the Energy Efficiency Design Index (EEDI), SNAME Simposium on Climate Change and Ships. February 2016.
12. **IMO**, Second IMO GHG Study 2009, IMO Publishing
13. **IMO** Train the Trainer (TTT) Course on Energy Efficient Ship Operation, Modul 2 – Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines, London. January 2016.
14. **Kane D**, Developing a more fael efficient tonnage trough blasting of hulls and timely in water husbandary. Ship efficiency Conference-Hmburg 2013.
15. **MEPC.1/Circ.681** of 17 August 2009 Interim guidelines on the method of calculation of the energy efficiency design index for new ships
16. **MEPC 60/4/35** Prevention of Air Polution from Ships. Mandatory EEDI requirements; Draft text for adding a new part to MARPOL. Annex VI for regulation of the energy efficiency of ships.
17. **MEPC.1/Circ. 684**, Guidelines for voluntary use of the ship energy efficiency operational indicator (EEOI), 17 august 2009
18. **MEPC.1/Circ.683**, 17 August 2009 Guidance for the development of a ship energy efficiency management plan (seemp)
19. **MEPC.1/Circ.684**, 17 August 2009 Guidelines for voluntary use of the ship energy efficiency operational indicator (EEOI)
20. **Resolution MEPC, 212 (63)**. 2012 Guidelines on the Method of Calculation of the Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships (Електронен ресурс – Режим на достъп 15.07.14.
21. **Resolution MEPC, 213 (63)**, 2012 Guidelines for the Development of a Ship Energy Efficiency Management plan (SEENP) [Електронен ресурс], Режим на достъп 15.07.14.
22. **Resolution MEPC. 231(65)** Adopted on 17 May 2013 Guidelines for calculation of reference lines for use with the energy efficiency design index (EEDI)
23. **Review of Maritime Transport**, UNCTAD 2012, 2013, 2014, 2015, 2016
24. **Swift P.** Air emissions from shipping: regulation and challenges. Nord and Baltic Sea Seminar 2010, 26.11.2010. Paris, <https://www.intertanko.com/> (Дата на използване 04.09.2016г.)
25. **UNCTAD stat. Statistical Database** 2014, 2015, 2016

DETERMINATION AND PROJECTION OF THE COMPETITIVE ENERGY MARKET INDEX OF TRADE SHIPS

Asen NEDEV¹, Blagovest BELEV², Rosen. ATANASOV³

^{1,3} "Fleet and Port Operation" Department - "Nikola Vaptsarov Naval Academy - Bulgarian Maritime University"

e-mail: as.nedev@abv.bg; r.atanasov_vn@abv.bg

²Department of Navigation - "Nikola Vaptsarov Naval Academy - Bulgarian Maritime University"

e-mail: bl.belev@naval-acad.bg

Abstract: Issues to ensure the energy efficiency of shipping caused by global energy shortages have been reflected in the specially developed requirements of regulating and controlling professional industry organizations and, above all, in the International Maritime Organization (IMO) regulations. In addition, in the publications for assessing the performance of ships attention is drawn to two aspects: constructive, defining the inclusion of the economic and environmental indicators in the new projects and operational, related to the adoption of such management decisions ensuring the achievement of the project indicators in the exploitation process .

Keywords: EEDI, EEOI, energy efficiency, shipping

ВЛИЯНИЕ НА КОНСТРУКТИВНИТЕ ТЕГЛА НА КОРАБИТЕ ВЪРХУ ЕНЕРГИЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ

Асен НЕДЕВ¹ Росен. АТАНАСОВ² Павлина НАСКОВА³

^{1,2} Катедра „Експлоатация на флота и пристанищата“ – ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“ България

e-mail: as.nedev@abv.bg; r.atanasov_vn@abv.bg

³ Катедра „Растениевъдство“ – ТУ Варна, България

e-mail: pnaskova@abv.bg

Резюме: В настоящия труд се обсъжда текущата практика за използване в корабните конструкции на по- здрави и леки материали и до каква степен намалението на теглото на „ кораба – празен“ води до намаление на разхода на горива. По специално се разглеждат възможностите и ползите от използване на високоякостна стомана (ВЯС) в конструкциите на: танкери; кораби за насипни товари; контейнеровози.

Ключови думи енергийна: ефективност, конструктивните и оперативни индекси; конструктивно тегло на кораба

ВЪВЕДЕНИЕ

Съществени резерви за повишаване на ефективността на корабоплаването и за изпълнение на изискванията на международната морска организация (ИМО) за подобряване на конструктивните и оперативни индекси (известни съответно като EEDI и EEOI) [4,5] могат да бъдат открити в олекотяване на корабните конструкции. Намаляването на конструктивните тегла на корабите се очаква да послужи като основа за намаляване на необходимата мощност за задвижването им при еднакви скорости и количества на полезните товари. По този начин оптимизирането на конструктивните тегла на големите плавателни съдове (водоизместващи корпуси) увеличава наличната превозна способност на флота, с което се подобрява

ефективността на транспорта. От тази гледна точка стигаме до идеята за намаляване на теглото на кораба чрез въвеждане на високоякостни метали и сплави, което може да окаже значително влияние върху разхода на гориво при изпълнение на транспортната му мисия. Безспорно доказано е, че намаляването на използваното гориво при водния транспорт води до намаляване на емисиите от отработени газове [2,3].

В табл.1 са показани най – общите съображения за икономическата целесъобразност на изследванията за използване на нови технологии и високоякостни материали и на бъдещите печалби от включването им в корпусните конструкции

таблица 1. Използване на високоякостна стомана (ВЯС)

Спестявания	Включване на 10% високоякостни стомани може да намали теглото на корпусната конструкция с 1,5 % до 2 %. За кораби с ограничен дедвейт се реализира увеличение на товароносимостта и полезния товар с (0.2 – 0.3 %). Като алтернатива на това може да бъде намалена консумацията на гориво от 0,2 до 0,5 %
Тип на кораба	Всички
Нови или съществуващи кораби	Нови
Цена	Строителните разходи при увеличение на количествата на ВЯС намаляват в резултат на това, че общото тегло на метала при

	конструкции с ВЯС е по малко от това с използването на мека стомана.
--	--

Общият извод е, че благоразумното използване на ВЯС е подходящо и ефективно средство за намаляване на теглото и разходите.

Ако бъдат направени съответни корекции на блоковия коефициент на пълнота може да се реализира намаление на разхода на гориво. При кораби с ограничен дедукт (танкери и кораби за насипни товари), ако блоковият коефициент е постоянен се получава съответно увеличение на товароносимостта.

1. СТАТИСТИЧЕСКИ ДАННИ ЗА ВКЛЮЧВАНЕТО НА ВИСОКОЯКОСТНИ СТОМАНИ В КОРАБНИТЕ КОЕФИЦИЕНТИ В ЗАВИСИМОСТ ОТ ТОВАРНИЯ КАПАЦИТЕТ НА КОРАБИТЕ

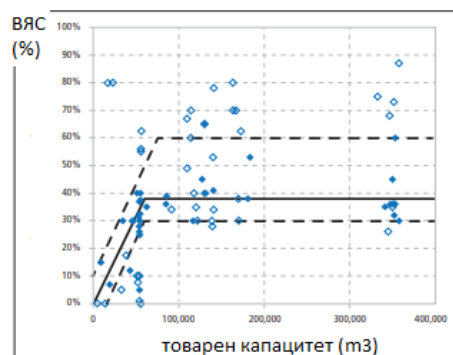
1.1. Танкери

На фиг.1 са показани статистически данни за процента на използваната високоякоствена стомана при танкери с големина до VLCC [1,6]. Използването на такива стомани (напр. НТ36), като процент от общото количество стомана за корпуса варира от 0% (тежки конструкции) до 80% при теоретична възможност за постигане на 100% (лека корпусна конструкция).

Долната ограничителна линия (с насищане при товарен капацитет около 50000 m³) се отнася за сравнително стари кораби, при които количеството на високоякоствена стомана не превишава 30%. Горната ограничителна линия се отнася за кораби при които количеството на ВЯС достига до 60%. Обща практика през последните години е да строят танкери с размери на VLCC, при които се използва високоякоствена стомана НТ32 в границите от 30% до 60% (най масов случай). Точките разположени над горната ограничителна линия са за танкери, построени през последните 10 години. При този тип танкери процентът ВЯС НТ36 е в диапазона от 60% до 90%.

При танкерите чиито изобразяващи точки се намират в границите от 30 до 60 % високоякоствена стомана НТ 32 се прилага главно в горната и долната непрекъсната гредна на корпусната конструкция в рамките на товарния

блок и в по-малка степен в напречните прегради в товарния район. За танкери отнасящи се към групата от 50% до 65% високоякоствена стомана се прилага в цялата бордова корпусна обшивка и в надлъжните прегради, а тези попадащи в групата над 70% ВЯС се прилага в по-голяма степен в маслоплътните напречни прегради и в по-ограничена степен в носовата и в кърмовата част на корпуса.



Фиг.1 Високоякоствена стомана като процент от стоманата за корпусите на танкери

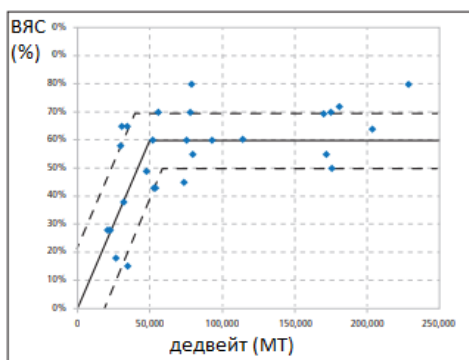
1.2. Кораби за насипни товари

На фиг.2 са представени данни, показващи процентното съдържание на високоякоствена стомана на кораби за насипни товари, построени през последните десет години.

От фигурата се вижда, че използването на стомана с по-висока якост, като процент от общото количество за корпуса варира от 0% (при 100% отговарящи на напълно лека конструкция) до проектни 80% (точките на горната ограничителна линия). Обичайната практика през последните години е да се строят кораби за насипни товари с количества на високоякоствени стомани от 50% (долна ограничителна линия) до 70% (горна ограничителна линия).

Стомана НТ36 се прилага главно в горната и долната конструкция на надлъжната непрекъсната корпусна гредна в рамките на

товарния блок и в по-малка степен в напречните прегради на товарния район.



фиг.2 Кораби за насипни товари:
Високоякоствена стомана като процент
от корпусната стомана

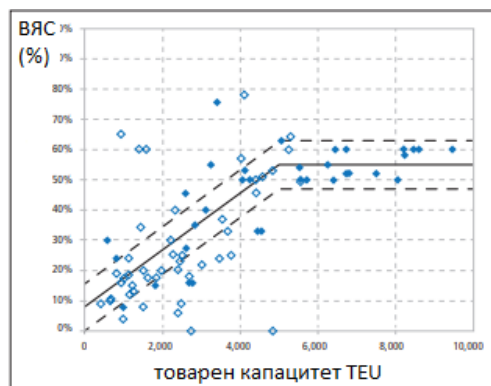
Стомана НТ 32 се прилага обикновено в бордовата обшивка, надлъжните вертикални прегради или бордовия подпалубен танк и бункеровъчни прегради, вътрешното дъно и напречните флори и прегради, когато не се използва НТ 36. Обикновено при корабите за насипни товари се използва високоякоствена стомана в по-висок процент отколкото при танкерите или контейнеровозите.

1.3. Контейнеровози

На фиг.3 са представени данни, показващи процентното съдържание на високоякоствени стомани в контейнеровозите. Точките над горната ограничителна линия се отнасят за кораби построени през последните десет години.

Използването на високоякоствена стомана НТ 36, като процент от общото количество на стоманата за корпуса варира от 0% (при 100% отговарящи на напълно лека конструкция) до около 65% за малки плавателни съдове, процент, който се запазва и при големите кораби.

Обща практика през последните години е при корабите в категория Post Panamax да се използва високоякоствена стомана НТ 36 с процентно съотношение от 45% (долна ограничителна линия) до 65% (горна ограничителна линия). Точките, разположени над горната ограничителна линия се отнасят до малък брой експериментални кораби.



фиг.3 Контейнеровози: Високоякоствена
стоманата процент от общото
количество за корпуса

Стомана НТ 36 се прилага главно в горната и долната надлъжна непрекъсната конструкция на корпусната гред в рамките на товарния блок и в по-малка степен в напречните прегради в рамките на товарния район. Част от стомана НТ 32 се използва за бордовата обшивка, надлъжните вертикални прегради, вътрешните дънни конструкции и в конструкциите на мидела, районите подложени на напрежение от силите на срязване. Стомана НТ 40 или FIT 47 може да се използва за надлъжния люков комингс на големи контейнеровози. Високоякоствена стомана се прилага и върху някои елементи на оборудването, като греди и покриващи капази на люкови закрития. Контейнеровозите с размер под Panamax съдържат по-малко количество високоякоствена стомана, прилагащо се само и предимно в горната и долна надлъжна непрекъсната конструкция на корпусната гред в района на товарния блок.

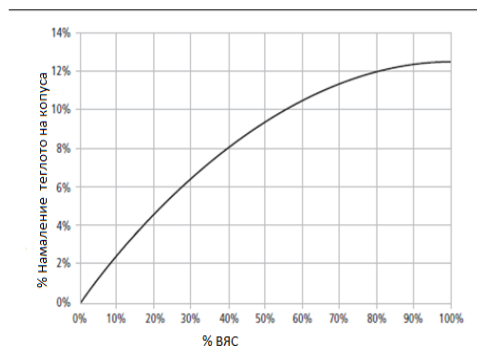
2. ПОЛЗИ ОТ ИЗПОЛЗВАНЕТО НА ВИСОКОЯКОСТНИ СТОМАНИ В КОРАБНИТЕ КОНСТРУКЦИИ

2.1. Спестяване от тегло при използване на високоякоствени стомани

На фиг.4 са представени приблизителните икономии на тегло чрез използване на стомани с по-високо качество при танкери. Вижда се, че високата скорост на нарастване на икономии е в интервала от 0% до 60% на количеството на

високоякоостната стомана. След тази стойност на процента на високоякоостната стомана нарастването на ползите от въвеждането ѝ не са така интензивни (има насищане на кривата).

Този факт може да обяснен с това, че за останалата част от корпусната обшивка якостта вече не е доминиращ фактор, което намалява скоростта на нарастване на ползите от прилагането на високоякоостни стомани. Такова поведение се наблюдава както при танкери, така и при корабите за насипни товари. Основният извод е, че ползите от прилагането на ВЯС над 80% от общото тегло на стоманата са малки.



фиг.4 Процентно намаление на теглото на кораба от използването на ВЯС

2.2.Потенциално въздействие на количеството ВЯС върху полезния товар

Едно по-внимателно разглеждане на фиг.4 показва, че десет процентното увеличение на ВЯС намалява общото тегло на корпусната стомана от 1.5% до 2%. За кораби с ограничен дедуктив-капацитет като например петролни танкери и кораби за насипни товари, това води до увеличение на полезния товар от 0.2% до 0.3% и съответно намаление на разхода на гориво на тон превозван товар.

2.3.Въздействие на количеството на високоякоостна стомана върху разхода на гориво

За да бъде направена оценка на въздействието от намаляване на теглото на корпусната стомана (кораб-празен) върху разхода на гориво, се приема еднопроцентно намаляване на теглото на стоманата на корпуса за всеки от сравняваните

типове кораби и стандартни проекти. Блокният коефициент се избира така, че дедуктивът да се поддържа постоянен (като константа). В сравнителните пресмятания се използват следните енерго – икономически показатели:

- Еднопроцентно намаление на теглото на корпуса в следствие на въвеждането на ВЯС [тон];
- Процентна промяна на разхода на гориво за 1% намаление на теглото на корпуса;
- Разход на гориво за оценяваните кораби от конкретните сравнявани типове и стандартни проекти [тон/ден];
- Икономия на гориво в следствие от намаляването на теглото на стоманата с 1%.

При пресмятането на тези показатели са използвани изходните данни за стандартни проекти и количествените съотношения изложени [1].

Обект на изследване са били два типа кораби (танкери и контейнеровози) с различни големина.

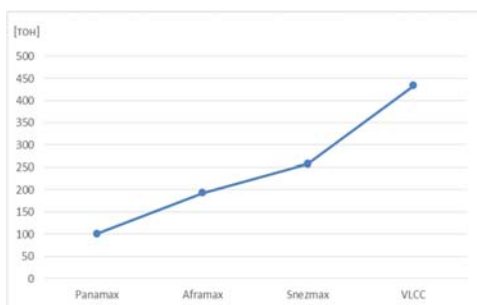
2.4 Танкери

В табл.2 и фиг.5~7 са показани осреднени данни за стойностите на енерго-икономическите показатели на танкери от стандартни проекти с големина, отговарящи на категориите Panamax, Aframax, Suezmax и VLCC.

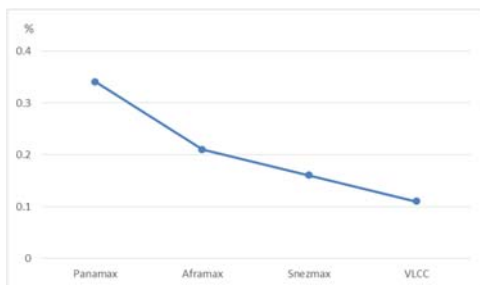
таблица 2. Влияние на олекотяването на кораба върху необходимата мощност и разхода на гориво

проекти	Panamax	Aframax	Suezmax	VLCC
показатели				
Тегло на еднопроцентно намаление на корпусната стомана (тон)	101	193	258	433
Процентна промяна на разхода на гориво при 1% намаление на теглото на корпуса (%)	0,34%	0,21%	0,16%	0,11%
Разход на гориво за	34,8	52,4	68,5	101,2

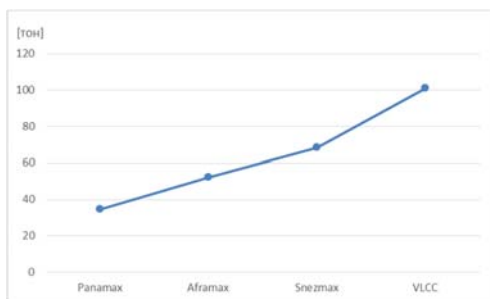
стандартни кораби (тон/ден)				
Икономия на гориво при еднопроцентно намаление на теглото на стоманата (тон/ден)	0,12	0,12	0,11	0,11



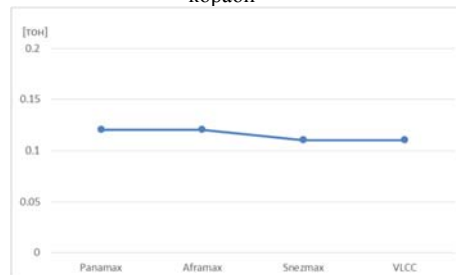
фиг.5 Намаляние на стоманата на корпуса (тонове) с 1%



фиг.6 Промяна на разхода на гориво (%) при намаление на теглото на корпуса с 1%



фиг.7 Разход на гориво (тон/ден) за стандартни кораби



фиг.8 Спестяване (тон/ден) за 1% намаление в теглото на стоманата

Зависимостта на еднопроцентното намаление на теглото на корпуса в следствие на въвеждането на ВЯС е линейна в границите от 101 т. до 433 т. за корабите от разглеждания ред на големини. За танкерите това е довело до почти линейна намаляваща зависимост на процентната промяна на разхода на гориво (от 0,37% за Panamax до 0,11% за VLCC). Това намаление обаче се компенсира със силно нарастващата зависимост на разхода на главните двигатели за стандартни кораби от разглеждания ред по големини (от 34,8 тон/ден за Panamax до 101,2 тон/ден за VLCC). В следствие на това икономията на гориво при еднопроцентно намаление на теглото на корпуса е почти една и съща (0,11-0,12 тон / ден) за корабите от разглеждания ред т.е двигателите са преоразмерени по мощност. Налага се изводът за неизползвани резерви на мощности на главните двигатели на големите кораби, което би могло да бъде база за следваща оптимизация. Може да се прецени също така, че въздействието на теглото на корпусната стомана при танкерите върху емисиите CO₂ също е доста малко.

2.5. Контейнеровози

В табл.3 и на фиг. 9~11 са показани осреднени данни за стойностите на енергоикономическите показатели за контейнеровози от стандартни проекти с големини, отговарящи съответно на размерите; Feedership 1000 TEU, Panamax 4500 TEU, Neo-Panamax 4500 TEU, Post-Panamax 8000 TEU и Ultra Large 12500 TEU.

таблица 3. Влияние на олекотяването върху необходимата мощност и разхода на гориво

проекти бр. TEU показатели	1000 TEU (FeederShip)	4500 TEU Panamax	4500 TEU Neo-Panamax	8000 TEU Post-Panamax	12500TEU Ultra Large
Тегло на еднопроцентно намаление на корпусната стомана (тон)	50	191	191	318	471
Процентна промяна на разхода на гориво при 1% намаление на теглото на корпуса (%)	0,32%	0,23%	0,26%	0,25%	0,24%
Разход на гориво за стандартни кораби тон/ден	31,3	144,4	157,8	223,3	286,7
Икономия на гориво при еднопроцентно намаление на теглото на стоманата (тон/ден)	0,10	0,33	0,41	0,55	0,70

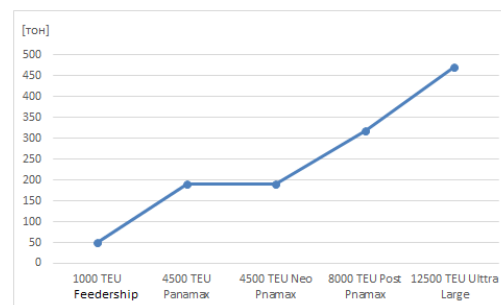
Зависимостта на еднопроцентното намаление на теглото на корпуса в следствие от въвеждането на ВЯС НТ и 36 НТ 40 е близка до линейна в границите от 50т. за FeederShip 1000TEU до 471 т. Ultra Large 12500 TEU (фиг.9). Процентното изменение на разхода при еднопроцентно олекотяване на корпусите на корабите от разглеждания ред не е съществено при преходи от малки към големи контейнеровози (от 0,32% до 0,24% на фиг.10). Това може да бъде обяснено с факта, че излишната мощност при големите контейнеровози (фиг.11) се използва за увеличение на скоростта. Подходящото намаление на блоковия коефициент Св при големите контейнеровози се използва за увеличение на скоростта, за разлика от кораби с ограничен дедвейт (например танкерите), при които намаляването на теглото на стоманата се използва за увеличаване на дедвейта и следователно на полезния товар. На това се дължи нарастващия ефект на икономии при преход от по-малките към по-големите контейнеровози (фиг.12).

Използване на материали не съдържащи желязо

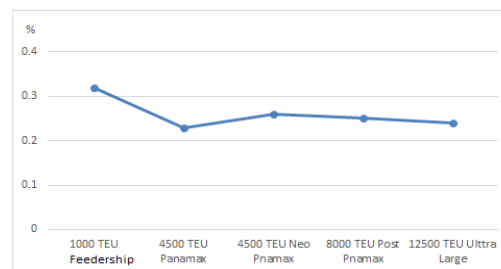
Прилагането на композитни материали има потенциал за намаляване на теглото на корпуса на кораба („кораба лек“) с 30% и повече, което би трябвало да се трансформира в значителни икономии на гориво.

Опитът от прилагането на ламинати с малко тегло в конструкциите на високо скоростни

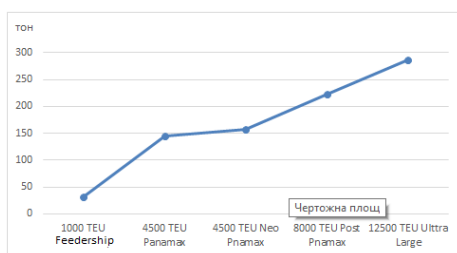
кораби е показал, че може да се достигне до икономия на теглото от 30% до 70%.



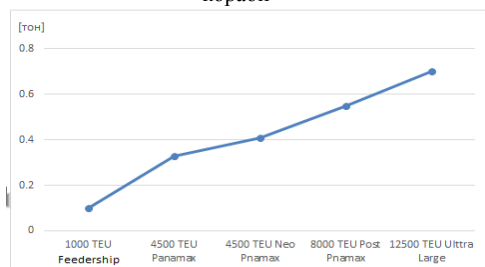
фиг.9 Намаление на корпусната стомана (тонове) с 1%



фиг.10 Промяна на разхода на гориво (%) при намаление на теглото на стоманата с 1%



фиг.11 Разход на гориво (тон/ден) за стандартните кораби



фиг.12 Спестяване (тон/ден) за 1% намаление в теглото на стоманата

Трябва да се има предвид обаче, че цената на композитните или алуминиевите конструкции е непосилно висока и е малко вероятно тези материали да бъдат конкурентоспособни на стоманата в обозримо бъдеще. Тези материали са жизнеспособни за високоскоростните кораби. Основни проблеми за решаване са разходите за строителство, безопасността и рециклирането.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведеният анализ показва, че за олекотяване на съвременните търговски кораби най-широко се използват стомани от клас НТ 32. Прилагането на по-високоякостни стомани като

НТ 36 и НТ 40 води до допълнително намаление на теглото на корабите. Стоманите НТ 47 могат да бъдат прилагани към конструкциите на люковите комингси на големите контейнеровози при по-нататъшната оптимизация на конструктивното тегло.

Трябва да се има предвид, че при използването на високоякостните стомани нарастват средните стойности и диапазоните на изменения на напреженията върху детайлите от конструкцията, което е предпоставка за възникване на умора на материала. Това предполага, че към детайлите с повишена умора на материала трябва да се подхожда внимателно. Умората на материала на стоманите с висока якост трябва да се контролира чрез подходящи методи за механичен анализ на фрактурите.

Литература

1. **ABS Ship Enrgy** Efficiency Measures Advisory. States and Guidanie
2. **IMO, Second IMO GHG Study 2009**, IMO Publishing
3. **IMO Train the Trainer (TTT) Course on Energy Efficient Ship Operation**, Modul 2 – Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines, London. January 2016.
4. **MEPC 60/4/35** Prevention of Air Polution from Ships. Mandatory EEDI requirements; Draft text for adding a new part to MARPOL. Annex VI for regulation of the energy efficiency of ships.
5. **MEPC.1/Circ.684**, 17 August 2009 Guidelines for voluntary use of the ship energy efficiency operational indicator (EEOI).
6. **UNCTAD stat**. Statistical Database 2014, 2015, 2016

IMPACT OF CONSTRUCTION WEIGHTS OF VESSELS ON ENERGY EFFICIENCY

Asen NEDEV¹, Rosen ATANASOV², Pavlina NASKOVA³

1.2 "Fleet and Port Operation" Department - " Nikola Vaptsarov Naval Academy - Bulgarian Maritime University"

e-mail: as.nedev@abv.bg; r.atanasov_vn@abv.bg

3 Department of Plant Production - Technical University of Varna, Bulgaria

e-mail: pnaskova@abv.bg

Abstract: This paper discusses the current practice for the use of more durable and lightweight materials in the shipbuilding and the extent to which the weight loss of the "empty ship" leads to a reduction in fuel consumption. In particular, the possibilities and benefits of using high-strength steel (RNG) in the construction of: tankers; bulk carriers; container vessels.

Keywords energy; efficiency, constructive and operational indices; structural weight of the ship

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ ТРАНСПОРТНОГО ЭЛЕКТРОННОГО АППАРАТА

Виктория СМОЛИЙ

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

e-mail: ymsmolij@ukr.net

Резюме: С помощью метода группового учета аргумента решена стохастическая постановка задачи управления производством электронных аппаратов транспортного назначения. Получена и исследована модель процесса управления, определены передаточные функции звеньев и общая передаточная функция системы. Предложена структура и параметры дискретной системы, реализующей непосредственно процесс управления производством транспортного электронного аппарата

Ключевые слова: электронный аппарат, транспортный объект установки, технологический процесс производства, статистическая выборка, метод группового учета аргумента, автоматизированное управление, поддержка принятия решения, лицо принимающее решение.

1. ВВЕДЕНИЕ

Рассматривая компьютерно - интегрированное производство электронных аппаратов, следует отметить, что произвести изделие с заданными параметрами и компоновкой, а тем более отвечающее заданным свойствам качества, надежности и резонансной устойчивости, непросто, хотя эту задачу необходимо решить, к тому же наложив ограничения на качественно-технические характеристики самого процесса производства. До настоящего времени для иерархии электронных аппаратов не сформулирован общий критерий компоновки элементов, позволяющий учесть механические (вибрационные, ударные, резонансные явления и эффекты, возникающих в ходе эксплуатации аппаратуры) воздействия, анализирующий схемотехнические, конструкторские, геометрические, тепловые и др. факторы и позволяющий интеллектуально идентифицировать задачу подстройки под условия эксплуатации электронного аппарата, предвидеть перегрузки и прогнозировать поведение исследуемого объекта во времени. Также отсутствует тенденция системного анализа рассматриваемой проблемы повышения надежности выпускаемого изделия при одновременном выполнении условий минимизации материально-технических затрат на производство. Поэтому разработка и исследование автоматизированной системы управления, решающей поставленные задачи для

производства электронного аппарата, является актуальной и одновременно очень сложной.

2. ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Выделяя в управлении технологическим процессом производства электронного аппарата детерминированную и стохастическую составляющие, следует к особенностям детерминированной постановки задачи отнести решение последовательных задач обеспечения частных параметров качества изготавливаемого изделия. Данная задача решается, но особый интерес представляет именно стохастическая составляющая, которая предполагает формирование экспериментально-статистических зависимостей для модели управления между входными (состояния, возмущения и управления), рассчитываемыми, почерпнутыми из литературных источников и полученными на производстве и систематизированными для последующей обработки, и выходным параметром для исследуемой системы. Поэтому особое внимание следует уделить вопросам построения функциональных зависимостей для управляющих воздействий и выходного сигнала рассматриваемой автоматизированной системы управления.

Непосредственно решение задачи построения математической модели объекта управления – технологического процесса производства электронных аппаратов, включая формирование математического описания, проведение экспериментальных исследований по проверке адекватности и формирование программно-

технических комплексов для моделирования механических нагрузок блоков электронных аппаратов и их составляющих приведено в [1]. Здесь проиллюстрирован также механизм идентификации свойства эмерджентности рассматриваемой системы на основании математического аппарата обнаружения и моделирования эффекта резонансного взаимодействия электрорадиоэлементов с печатной платой. Обобщение результатов моделирования и формирование на их основе подсистемы моделирования предлагаемой автоматизированной системы управления производством электронного аппарата проиллюстрировано в [2]. Работы [3] и [4] решают вопросы построения системы управления рассматриваемым технологическим процессом производства и внедрения полученных результатов в учебный процесс при изложении профессионально ориентированных дисциплин. В частности, для решения задачи оптимального управления рассматриваемым технологическим процессом, в работах предлагается внести модификацию в существующий процесс производства. Подобного рода внедрение влечет за собой необходимость обоснования эффективности предпринимаемых попыток на основании механизмов исследования выгод и издержек, что возможно путем применения метода анализа иерархий [5], [6]. Выгоды и издержки носят экономический и управленческий характер [7]. В частности примером экономических выгод выступает экономия средств за счет исключения отбраковок, экономических издержек – затраты на обучение персонала, управленческих выгод - формализация знаний и опыта экспертов, управленческих издержек - необходимость согласования выдаваемых системой рекомендаций с предполагаемым технологическим процессом производства. Содержание работ [5], [6] и [7] напрямую связано с решением задачи корреляции параметров технологического процесса в единый показатель его качества путем формирования функционала эффективности внедрения модификации в существующий технологический процесс производства на основании метода анализа иерархий.

В работе [8] показано применение метода

группового учета аргумента для формирования и исследования функциональной взаимосвязи между критерием качества рассматриваемого технологического процесса и его вероятностными параметрами и характеристиками, систематизация которых позволит формализовать процесс принятия решений в процессе производства и составить алгоритмы функционирования системы поддержки принятия решений в производстве электронных аппаратов.

Работы [9] и [10] касаются непосредственно обобщения полученных моделей управления производством электронных аппаратов различного назначения, объекта установки и условий эксплуатации. В основе интеграции лежат логико-трансформационные правила преобразования информации, на основании которых была построена фреймовая модель представления знаний в общей схеме системы поддержки принятия решений для производства электронного аппарата. Модель является фреймовой исходя из того, что в цикле производства, опираясь на лицо принимающее решение, в системе поддержки принятия решений вырабатываются рекомендации по содержанию и последовательности выполнения управляющих воздействий, направленных на технологический объект. Данные рекомендации выдаются на основании результатов функционирования вычислительных блоков моделей управления для производства электронного аппарата конкретного назначения.

Целью данной статьи является построение модели управления производством транспортного электронного аппарата путем решения задачи формирования стохастической модели влияния параметров управления и состояния на выходные параметры процесса производства методом группового учета аргумента.

Для технологического процесса производства электронных аппаратов различного назначения было выделено тридцать один вид управляющих воздействий [8], поэтому необходимо выяснить какие из них для транспортного объекта являются входными, возмущающими или управляющими. Рассматривая задачу управления производством электронного аппарата, было обработано тридцать один цикл производства для транспортного исполнения электронного

аппарата. Данные выборки были поделены на обучающую и проверочную. Согласно методу группового учета аргумента, описания первого ряда строились на всем ряду управляющих воздействий для объема обучающей выборки равной двадцати и объеме проверочной выборки составляющей десять исходов. Для каждой пары претендентов решается задача минимизации ошибки частного описания квадратичного типа методом наименьших квадратов. Для каждой пары претендентов определяются коэффициенты частного описания квадратичного типа и функция ошибки. Полученные данные для обучающей и проверочной выборок при производстве транспортного электронного аппарата имеют вид, приведенный в табл. 1 и табл. 2 соответственно.

Для каждого из анализируемых объектов выходной сигнал не должен превышать величину функционала эффективности внедрения модификации в существующий процесс производства электронных аппаратов [6], иначе теряется смысл внедрения модификации в

существующий технологический процесс производства электронного аппарата. В табл. 1 и 2 сведены полученные на производстве, из литературных источников и в процессе моделирования с помощью предложенных в [1] программно-технических комплексов моделирования механических нагрузок электронных аппаратов и их составляющих эмпирические зависимости между видом управляющего воздействия и количеством итераций его выполнения при улучшении параметров и компоновки производимого изделия. Данные зависимости являются исходными при формировании и исследовании функциональных зависимостей между видом воздействующих факторов (для рассматриваемого автоматизированного управления непосредственно управляющих воздействий на технологический объект управления) и параметрами технологического процесса производства электронных аппаратов.

табл. 1 Обучающая выборка управляющих воздействий для транспортного электронного аппарата

Учит	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	10	8	9	10	8	3	5	4	1	7	2	3	4	2	3	2	3	1	3	4	7	3	6	4	6	5	8	4	5	7	4
1	8	8	8	9	6	4	6	3	2	6	3	4	4	2	3	0	4	0	4	3	6	3	6	3	6	5	9	4	5	8	3
2	9	7	8	10	7	5	4	4	3	8	1	2	3	1	4	1	3	2	3	3	8	4	5	4	7	4	8	3	6	7	4
3	9	9	8	8	7	3	4	4	0	7	1	4	4	1	2	2	3	1	2	4	7	3	6	3	6	5	8	4	4	7	3
4	8	8	9	9	6	4	5	5	1	8	3	2	3	1	2	3	4	1	3	5	8	4	7	2	6	5	8	5	5	8	5
5	10	9	7	9	8	4	5	5	2	8	2	3	4	2	3	2	3	2	4	3	6	3	7	3	7	4	9	4	6	7	4
6	10	9	8	8	9	3	6	3	3	6	3	4	5	3	4	2	4	1	3	4	7	3	6	3	6	5	7	5	5	7	3
7	8	9	10	8	8	3	4	4	2	7	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	8	2	6	4	7	4	8	3	5	8	4
8	9	9	9	10	9	3	5	5	1	6	3	4	4	2	2	2	4	1	3	4	7	4	7	3	5	4	8	4	5	9	3
9	10	8	8	10	7	4	4	4	2	7	2	2	3	2	3	3	3	1	2	4	8	3	5	4	5	5	9	3	4	7	4
10	10	8	9	9	7	3	5	4	3	8	1	2	5	2	4	2	4	2	3	3	6	3	6	3	6	4	9	4	5	6	6
11	9	9	8	8	6	5	5	5	1	6	3	4	5	3	4	1	4	0	3	4	7	4	7	4	7	4	8	5	5	8	6
12	9	7	9	9	8	5	6	4	1	7	2	3	4	1	3	2	3	1	3	4	8	3	7	3	5	5	8	4	4	8	4
13	8	7	10	9	8	3	5	3	2	6	2	3	3	1	3	1	3	1	2	3	8	3	6	2	5	5	9	4	5	7	3
14	9	8	8	10	7	3	4	4	3	6	3	2	4	2	3	1	4	0	3	4	7	3	5	4	6	4	7	4	5	7	4
15	10	7	9	10	6	5	5	4	2	8	3	4	4	2	4	2	3	2	3	3	8	4	5	3	5	7	8	4	5	7	3
16	10	7	9	9	7	5	5	5	2	7	2	4	3	3	2	2	4	2	4	4	6	3	6	4	4	5	8	3	6	8	5
17	9	7	9	9	8	4	6	5	2	7	2	3	5	2	2	2	4	1	3	4	7	4	6	3	6	4	9	5	5	7	4
18	9	8	8	8	8	3	6	4	3	8	3	3	5	1	3	1	4	1	3	3	8	3	5	4	6	5	7	5	5	6	5
19	8	9	9	9	7	3	5	4	1	6	3	4	4	2	3	3	3	2	3	3	7	3	6	2	5	5	8	3	6	6	4

табл. 2 Проверочная выборка управляющих воздействий для транспортного электронного аппарата

№ п/п	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	9	8	10	7	7	4	6	3	1	7	4	4	5	3	4	3	1	4	3	3	8	4	7	3	5	4	8	4	6	7	5
1	8	9	10	7	6	5	7	2	0	8	5	3	6	2	3	2	2	3	2	4	7	5	8	3	4	3	8	5	7	8	4
2	8	9	9	7	8	6	8	3	0	7	3	3	5	2	4	3	3	3	2	3	7	6	7	2	6	4	8	4	7	9	5
3	9	10	10	8	7	4	7	3	1	7	4	4	6	4	5	4	2	4	3	4	9	6	7	2	5	3	9	4	6	8	5
4	7	8	8	9	7	4	7	3	2	9	5	3	7	2	3	3	2	4	2	3	9	6	7	3	6	4	7	3	5	8	4
5	8	8	10	8	8	5	7	3	2	8	5	2	5	2	5	4	2	5	2	3	8	4	8	2	5	5	7	5	5	7	5
6	9	10	9	7	6	4	6	2	0	7	4	3	6	3	4	4	2	4	4	4	8	5	8	2	5	3	8	5	6	8	5
7	8	9	9	7	7	6	6	3	1	8	3	3	7	3	3	3	3	4	3	3	8	6	7	3	5	4	9	4	7	8	6
8	9	9	10	7	7	5	8	4	0	9	3	3	6	3	4	3	1	3	4	3	8	4	7	1	5	5	8	4	6	9	5
9	7	9	10	8	6	5	7	3	1	8	4	4	5	2	4	3	0	3	3	4	8	4	7	3	4	3	8	3	6	8	4

Для каждого набора выборок (табл. 1 и табл. 2) были определены текущие значения функционала эффективности, оценивающие

табл. 3 Выходной сигнал для обучающей выборки

№ п/п	0
0	0.105
1	0.112
2	0.108
3	0.102
4	0.121
5	0.104
6	0.103
7	0.109
8	0.112
9	0.109
10	0.108
11	0.104
12	0.112
13	0.107
14	0.107
15	0.104
16	0.103
17	0.12
18	0.103
19	0.103

табл. 4 Выходной сигнал для проверочной выборки

№ п/п	0
0	0.102
1	0.106
2	0.11
3	0.107
4	0.102
5	0.117
6	0.106
7	0.105
8	0.106
9	0.109

эффективность данного рода управляющих воздействий для процесса производства электронного аппарата. Эти значения составляют обучающую и проверочную выборки для выходных сигналов рассматриваемого автоматизированного управления процессом производства электронных аппаратов.

Выходной сигнал для обучающей выборки по производству транспортного электронного аппарата имеет вид, приведенный в табл. 3. Выходной сигнал для проверочной выборки имеет вид, приведенный в табл. 4.

Принцип множественности моделей для

производства транспортного электронного аппарата, полученных методом группового учета аргумента, заключается в том, что существует множество моделей на данной выборке, обеспечивающих минимальную ошибку (достаточно повышать степень полинома модели).

При определении функции минимума ошибки методом наименьших квадратов получаем, что целевая функция представляет собой линейную комбинацию изменяемых параметров. Параметры оптимизации при решении задачи поиска минимума также являются неотрицательными, что следует из вида полинома Колмогорова-Габора, поэтому на каждой итерации и для каждого ряда описаний осуществляем решение задачи линейного программирования. Для каждой пары претендентов определяются коэффициенты частного описания квадратичного типа и функция ошибки. Сформированные частные описания квадратичного типа первого ряда селекции для обучающих выборок по управляющим воздействиям для транспортного электронного аппарата сведены в табл. 5.

табл. 5 Описания первого ряда селекции

Сочетания	$\{x^{<0>}, x^{<1>}\}$	$\{x^{<0>}, x^{<2>}\}$	...
Коэффициенты			
a_0	-2.067×10^{-8}	-1.686×10^{-8}	...
a_1	5.832×10^{-3}	8.638×10^{-3}	...
a_2	0.037	0.027	...
a_3	-3.026×10^{-5}	-2.631×10^{-5}	...
a_4	-4.857×10^{-4}	-6.136×10^{-4}	...
a_5	-2.467×10^{-3}	-1.505×10^{-3}	...
$\bar{\varepsilon}^2$	5.262×10^{-4}	5.536×10^{-4}	...
Переход	-	-	...

В табл.5 коэффициенты a_i являются оценками неизвестных коэффициентов в полиноме Колмогорова-Габора, являющимися параметрами оптимизации при решении задачи поиска минимума величины $\overline{\varepsilon^2}$, представляющей из себя критерий точности сгенерированной модели, определяющий участие данного частичного описания в последующих этапах селекции претендентов.

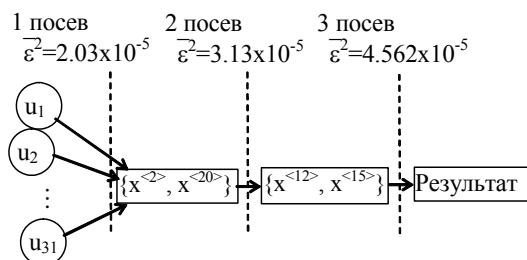


рис.1. Дерево селекции претендентов

В соответствии с методом группового учета аргумента, двигаясь от конца алгоритма, с шага на котором получена минимальная погрешность аппроксимирующего полинома, к началу и, делая последовательную замену переменных, вычисляются выражения для искомой модели в исходном пространстве описаний.

Возможны следующие варианты селекции претендентов (рис.1), причем минимум промежуточных погрешностей частных описаний претендентов не всегда дает минимальную результирующую погрешность аппроксимирующего полинома, что необходимо исследовать и получить окончательный сценарий отбора варианта селекции.

На рис.1 изображен вариант селекции претендентов на основании ковариаций и квадратичных описаний для экспериментально-статистической модели производства транспортного электронного аппарата. Динамика погрешности исследуемой модели имеет вид, изображенный на рис.2.

Динамика погрешности рассматриваемого дерева претендентов, приведенного на рис.2, характеризуется наличием локального и глобального оптимума, которые

идентифицируются методом группового учета аргумента на четырехстах шестидесяти пяти промежуточных аргументах модели за восемь итераций.

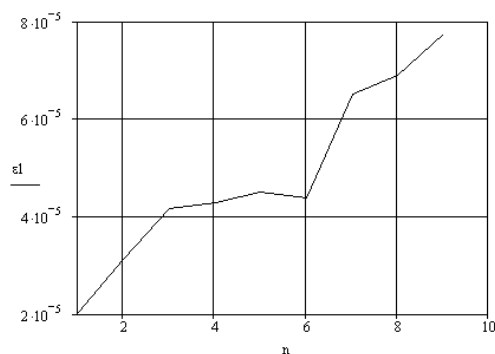


рис.2. Погрешность экспериментально-статистической модели

Полученный вариант экспериментально-статистической модели характеризуется соответствующим набором входных переменных, минимальной погрешностью и относительно высокой скоростью сходимости, что в свою очередь позволит во фреймах разрабатываемой интеллектуальной системы поддержки принятия решений для производства электронных аппаратов различного назначения предложить более гибкие сценарии достижения требуемых свойств производимого изделия и обеспечения оптимальных параметров технологического процесса их производства.

Для дерева селекции претендентов, изображенного на рис.1, функциональная зависимость выходного сигнала от входных переменных имеет следующий вид

Выражение (1) приведено именно в таком виде для наглядности и обеспечения компактности излагаемого материала.

Все коэффициенты идентифицированной статистической зависимости (1) выхода от параметров входа для транспортного электронного аппарата определяются из табл. 5 в соответствии с селекцией претендентов для обеспечения минимальной погрешности в соответствии с [8].

$$\begin{aligned}
 & 2.163 - 3.553 \cdot 10^{-3} \cdot x_{15} + 0.267 \cdot x_{20} - 3.593 \cdot 10^{-3} \cdot x_2 \cdot x_{20} + 4.790 \cdot 10^{-4} \cdot x_{12} \cdot x_{15} - 7.051 \cdot 10^{-3} \cdot x_2^2 + 9.4 \cdot 10^{-5} \cdot x_{12}^2 - \\
 & y(x) = -9.278 \cdot 10^{-2} \cdot x_{20}^2 + 1.237 \cdot 10^{-3} \cdot x_{15}^2 + \left(\begin{array}{l} 2.864 \cdot 10^{-4} - 7.119 \cdot 10^{-4} \cdot x_2 + \\ + 4.009 \cdot 10^{-4} \cdot x_2 \cdot x_{20} - \\ - 2.974 \cdot 10^{-3} \cdot x_{20} + \\ + 7.868 \cdot 10^{-3} \cdot x_2^2 + 1.035 \cdot 10^{-3} \cdot x_{20}^2 \end{array} \right) \cdot \left(\begin{array}{l} 5.809 \cdot 10^{-6} - 1.444 \cdot 10^{-3} \cdot x_{12} + \\ + 8.132 \cdot 10^{-4} \cdot x_{12} \cdot x_{15} - 6.033 \cdot 10^{-3} \cdot x_{15} + \\ + 1.596 \cdot 10^{-4} \cdot x_{12}^2 + 2.1 \cdot 10^{-3} \cdot x_{15}^2 \end{array} \right) + \\
 & + 217.977 \cdot \left(\begin{array}{l} 5.809 \cdot 10^{-6} - 1.444 \cdot 10^{-3} \cdot x_2 + \\ + 8.132 \cdot 10^{-4} \cdot x_2 \cdot x_{20} - \\ - 6.033 \cdot 10^{-3} \cdot x_{20} + \\ + 1.596 \cdot 10^{-4} \cdot x_2^2 + 2.1 \cdot 10^{-3} \cdot x_{20}^2 \end{array} \right)^2 + 1.099 \cdot \left(\begin{array}{l} 5.809 \cdot 10^{-6} - 1.444 \cdot 10^{-3} \cdot x_{12} + \\ + 8.132 \cdot 10^{-4} \cdot x_{12} \cdot x_{15} - \\ - 6.033 \cdot 10^{-3} \cdot x_{15} + \\ + 1.596 \cdot 10^{-4} \cdot x_{12}^2 + 2.1 \cdot 10^{-3} \cdot x_{15}^2 \end{array} \right)^2 - 8.505 \cdot 10^{-4} \cdot x_{12} + 6.38 \cdot 10^{-3} \cdot x_2
 \end{aligned}$$

С целью анализа полученной функциональной зависимости, в частности определения какие из рассматриваемых входных воздействий являются управляющими, возмущающими или параметрами состояния, необходимо оценить ее чувствительность по исследуемым каналам. Сигналы на остальных каналах полагаем равными нулю. В частности по каналу $x_2 \rightarrow y$ получена функциональная зависимость следующего вида:

$$\begin{aligned}
 & -6.599 \cdot 10^{-3} \cdot x_2^2 + 2.163 + \\
 & y(x_2) = +6.379 \cdot 10^{-2} \cdot x_2 - 1.001 \cdot 10^{-4} \cdot x_2^3 + \quad (2) \\
 & + 5.529 \cdot 10^{-6} \cdot x_2^4.
 \end{aligned}$$

Для канала $x_{20} \rightarrow y$ функциональная зависимость имеет вид:

$$\begin{aligned}
 & -8.488 \cdot 10^{-2} \cdot x_{20}^2 + 2.163 + \\
 & y(x_{20}) = +0.267 \cdot x_{20} - 5.501 \cdot 10^{-3} \cdot x_{20}^3 + \quad (3) \\
 & + 9.573 \cdot 10^{-4} \cdot x_{20}^4.
 \end{aligned}$$

Функциональная зависимость по каналу влияния $x_{12} \rightarrow y$ следующая:

$$\begin{aligned}
 & 2.163 - 8.505 \cdot 10^{-4} \cdot x_{12} + \\
 & y(x_{12}) = +9.630 \cdot 10^{-5} \cdot x_{12}^2 - 5.066 \cdot 10^{-7} \cdot x_{12}^3 + \\
 & + 2.799 \cdot 10^{-8} \cdot x_{12}^4. \quad (4)
 \end{aligned}$$

Канал влияния $x_{15} \rightarrow y$ выглядит таким образом:

$$\begin{aligned}
 & 2.163 - 3.554 \cdot 10^{-3} \cdot x_{15} + \\
 & y(x_{15}) = +1.277 \cdot 10^{-3} \cdot x_{15}^2 - 2.784 \cdot 10^{-5} \cdot x_{15}^3 + \\
 & + 4.847 \cdot 10^{-6} \cdot x_{15}^4. \quad (5)
 \end{aligned}$$

Для построения системы управления объединяем параллельно исследуемые каналы, на их основе строим следящую систему. В качестве входного воздействия по исследуемым

каналам была выбрана $\delta(t)$ - функция. Определяя преобразование Лапласа для выражений (2)-(5), формируем общую передаточную функцию, которая будет иметь вид:

$$W(s) = \frac{\left(\begin{array}{l} 2.163 \cdot 10^{19} \cdot s^4 - 4.505 \cdot 10^{17} \cdot s^2 + \\ + 8.148 \cdot 10^{17} \cdot s^3 - 8.443 \cdot 10^{16} \cdot s + \\ + 5.806 \cdot 10^{16} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} 2.5 \cdot 10^{18} \cdot s^5 + 2.162 \cdot 10^{19} \cdot s^4 + \\ + 8.148 \cdot 10^{17} \cdot s^3 - 4.505 \cdot 10^{17} \cdot s^2 + \\ + 5.806 \cdot 10^{16} - 8.443 \cdot 10^{16} \cdot s \end{array} \right)}. \quad (6)$$

Задачу исследования и обеспечения устойчивости (6) необходимо решать совместно с идентификацией параметров регуляторов в процессе формирования общей структуры предлагаемого автоматизированного управления для всех каналов влияния, попадающих путем селекции в категорию управляющих воздействий для электронных аппаратов различного назначения.

Рассматривая дискретную систему, для получения импульсной передаточной функции из полученной непрерывной функции (6), ограничиваясь рассмотрением области частот существенно меньших частоты квантования, получаем передаточную функцию вида:

$$W(z) = \frac{z-1}{z} \left(\sum_{p_k} \frac{z}{z - e^{p_k/T}} \text{Res}(W(p_k)) \right) \quad (7)$$

где p_k – полюсы непрерывной передаточной функции, $\text{Res}(W(p_k))$ – вычет (коэффициент при p_k в разложении в ряд Лорана непрерывной передаточной функции (6)).

После преобразования (6) и подстановки в (7), последнее выражение примет вид:

$$W(z) = \left(\frac{8.654 \cdot z}{z - e^{-8.61/T}} - \frac{(7.031 \cdot 10^{-4} + 1.989 \cdot 10^{-3} \cdot i) \cdot z}{z - e^{-1.877 - 0.163 \cdot i/T}} - \frac{(7.031 \cdot 10^{-4} - 1.989 \cdot 10^{-3} \cdot i) \cdot z}{z - e^{-1.877 + 0.163 \cdot i/T}} - \frac{(5.585 \cdot 10^{-4} - 9.658 \cdot 10^{-4} \cdot i) \cdot z}{z - e^{0.168 - 0.125 \cdot i/T}} - \frac{(5.585 \cdot 10^{-4} + 9.658 \cdot 10^{-4} \cdot i) \cdot z}{z - e^{0.168 + 0.125 \cdot i/T}} \right) \quad (8)$$

Анализируя (1) и (8), получаем, что лишь четыре вида управляющих воздействий посредством предложенных функциональных преобразований влияют на выходной сигнал для рассматриваемого автоматизированного управления, поэтому в решении стохастической постановки задачи автоматизированного управления производством электронных аппаратов, следует применить декомпозицию по сфере применения или объекту установки производимого электронного аппарата. Рассматривая структурную схему системы поддержки принятия решений в производстве электронного аппарата [9], следует особое внимание обратить на фрагмент блока генерации варианта решения для транспортного электронного аппарата (рис.3).

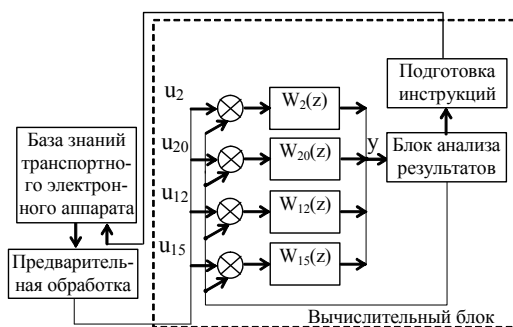


рис.3. Фрагмент структурной схемы системы поддержки принятия решений в производстве электронного аппарата транспортного назначения

В общей структурной схеме системы поддержки принятия решений [8] в производстве электронного аппарата в соответствии с декомпозицией задачи управления, применяют шесть блоков (в зависимости от количества введенных классификаций электронных аппаратов) и для каждого из них будет своя база знаний. Для электронных аппаратов различных назначений вычислительный блок будет

определяться структурой и параметрами, определяемыми выражениями типа (8). Так, выполняя декомпозицию рассматриваемой системы управления, выделяем подструктуры лишь по признаку назначения производимого изделия.

Далее для каждой из систем выделяем координаты состояния, возмущающие факторы и управляющие воздействия, а далее по методу группового учета аргумента формируем модель выходного сигнала. Далее подсистемы объединяем в единую систему управления и интегрируем ее в интеллектуальную систему поддержки принятия решения, предназначенную для производства электронных аппаратов.

Рассматривая существующие модели представления знаний, в частности представление знаний на основе семантических сетей, фреймов и продукционных правил, следует обратить внимание именно на фреймовую модель представления знаний из-за того, что в рассматриваемом процессе управления имеют место логико-трансформационные правила преобразования информации, вида:

$$C_1; F_1, F_2, \dots, F_k; \{F_i\} \Rightarrow F^*; C_2 \quad (9)$$

где C_1 – условие активизации логико-трансформационного правила; $F_1, F_2, \dots, F_k$ – фрагменты сети, которые определяются с помощью операции поиска фрагмента по образу, C_2 – постусловия, которые вносят изменения в систему логико-трансформационных правил.

Или с учетом (9) выражение (8) примет вид:

$$O_1; u_1, u_2, \dots, u_{31}; \{u_i\} \Rightarrow u^*; y(u^*) \quad (10)$$

где O_1 – классификатор объекта; u^* – фрагмент кортежа управляющих воздействий, который в терминах метода группового учета аргумента имеет вид $\{x_2, x_{20}, x_{12}, x_{15}\}$, $y(u^*)$ – определяется в соответствии с (8).

Также в рассматриваемом автоматизированном управлении производством электронных аппаратов, кроме операций с фрагментами, на сетях из знаков-фреймов выполняются и операции вывода на знаниях и операции

формирования новых фрагментов сети за счет разнообразных операций обобщения [9].

При решении задачи управления в рассматриваемой системе выделяем прямую и обратную задачи. В прямой задаче решаются вопросы возможности производства изделия после выполнения над ним на этапе компоновки определенной по содержанию и последовательности обработки, а в обратной задаче определяется, как не выходя из ограничений, связанных с эффективностью применения вновь введенной в систему надстройки произвести изделие с требуемыми свойствами вибрационной и ударной устойчивости, требований надежности при оптимальных параметрах технологического процесса производства.

Основным направлением дальнейших исследований является построение и исследование общей передаточной функции системы управления и локальных подсистем, отвечающих за конкретные производимые объекты и генерация на их основе структуры системы автоматизированного управления технологическим процессом производства электронных аппаратов различного назначения.

3. ВЫВОД

Составлены статистические выборки для процессов производства транспортных электронных аппаратов, отвечающие предельному значению функционала эффективности внедрения модификации в существующий технологический процесс производства. Выборки носят стохастический характер, поделены на обучающую и проверочную, и составляют основу математических моделей автоматизированного управления для производства транспортных электронных аппаратов.

Полученные методом группового учета аргумента посредством полинома Колмогорова-Габора и частных описаний квадратичного типа первого и последующих рядов селекции стохастические зависимости, дают возможность произвести классификацию входных воздействий на параметры состояния и возмущения и непосредственно управляющие воздействия, то есть дают инструменты для обеспечения

экстремальных параметров и компоновки производимого объекта при построении интеллектуальной системы управления.

Разработана и исследована математическая модель автоматизированного управления для производства транспортных электронных аппаратов. Методом группового учета аргумента осуществлена селекция претендентов для регрессионной модели управления, оценена ее сходимость, точность и чувствительность, получены передаточные функции звеньев и общая передаточная функция системы управления. Это дало возможность синтезировать структуру и идентифицировать параметры дискретной системы, реализующей непосредственно процесс автоматизированного управления производством транспортного электронного аппарата.

Литература

1. **Смолий В.Н.** Системное моделирование электронных аппаратов и компонентов // Адаптивні системи автоматичного управління. Міжвідомчий науково-технічний збірник. – К.:НТУУ «КПІ», 2015.- № 1(26).-С. 128 - 136.
2. **Смолий В.Н.** Особенности моделирования электронных аппаратов различного назначения и условий эксплуатации // Адаптивні системи автоматичного управління. Міжвідомчий науково-технічний збірник. – К.:НТУУ «КПІ», 2016.- № 1(28).- С. 116 - 128.
3. **Смолий В.Н.** Нейросетевая технология обучения системы поддержки принятия решений для электронных аппаратов // Българско списание за инженерно проектиране, брой 23, юли 2014г. – С.125 – 135.
4. **Смолий В.Н., Карпенко А.В.** Концепция автоматизированной системы обучения для высшего учебного заведения// Проблеми інформаційних технологій. – Херсон.: ХНТУ., 2014. – № 15. - С.70-76.
5. **Смолий В.Н.** Управление производством сложноорганизованных технологических объектов//Вісник СНУ ім. В.Даля.– 2009. - № 2 (132). Ч.2. – С. 46 - 55.
6. **Смолий В.Н.** Исследование эффективности управления процесса производства электронных аппаратов // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2010.- Вип. 39. – С. 174 - 178.
7. **Смолий В.Н.** Особенности концепции управления производством электронных аппаратов// Вісник СНУ ім.В.Даля. – 2010. - № 2 (144). - С. 128 - 133.

8. **Vitaly Ulshin, Victoria Smoliy.** Automated management by designer preparation of production of electronic vehicles/ ТЕКА Ком. Мот. I Energ. Roln. – OL PAN, 2011, 11A, P.276 – 281.
9. **Ульшин В.А., Смолий В.Н.** Функции лица, принимающего решение, при управлении производством электронных аппаратов// Вісник СНУ ім.В.Даля. – 2011. - № 3 (157) - с. 214 - 220.
10. **Смолий В.М.** Синтез и исследование критерия компоновки типового элемента замены электронного аппарата/ Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка» (ІКОТ - 2012). - 2012.- Вип. 15 (203) – стор. 203-208.
11. **Смолий В.М., Ульшин В.А., Фомін Я.Г.** Mathematical design and operations of electronic vehicles management and introduction of results of researches in an educational process. / ТЕКА. Commission of motorization and energetics in agriculture. –2012, Вип.12, №4, - стор. 285 – 289.
12. **Смолий В.М., Ульшин В.А.** Принципиальная схема системы поддержки принятия решений конструкторской подготовки производства электронных аппаратов. / Науковий журнал. “Вісник” СНУ ім. В. Даля. — 2012, Вип. №3(174), ч.2. - с. 187-190.
13. **Смолий В.М.** Подсистемы СППР автоматизированного управления конструкторской подготовкой производства электронных аппаратов машиностроении / Міжнародний збірник наукових праць. Прогресивні технології і системи машинобудування. – 2012.- Вип. 43. – С. 272 — 277.

CASE FRAME BY PRODUCTION OF TRANSPORTING ELECTRONIC VEHICLE

Victoria SMOLIY

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

Abstract: By the method of group account of argument the decision of the stochastic raising of task of operations management of electronic vehicles of transporting purpose is first got. Got and explored model of management process, the transmissions functions of links and public transmission function of the system are certain. A structure and parameters of the discrete system realizing directly process of operations management of transporting electronic vehicle is offered.

Keywords: Electronic vehicle, transporting object of setting, technological process of production, statistical selection, method of group account of argument, automated management, support of decision-making, person, accepting decision..

Е-ИНЖЕНЕРИНГ - ПОДПОМАГАНЕ НА ИНЖЕНЕРНОТО ПРОЕКТИРАНЕ НА РАВНИННИ ЛОСТОВИ МЕХАНИЗМИ ЧРЕЗ 2D WEB ПРИЛОЖЕНИЕ

Борис ТУДЖАРОВ

катедра „Компютърни системи”, Технически университет - София, България

e-mail: bntv@tu-sofia.bg

Резюме: В работата е представено 2D Web приложение (е-инженеринг модул), подпомагащо проектирането на равнинни лостови механизми посредством визуализиране и анимиране на движенията на същите. Въз основа на разработените параметрични модели на четири и шестзвенов равнинни лостови механизми е създадено Web приложение с лесен потребителски интерфейс. Осигурена е възможност за изчертаване на линии в работното поле на механизмите: отсечки по зададени координати на две точки и съответно криви линии по зададени координати на набор от точки. По този начин потребителят може да извършва визуална проверка относно движението на точка от звено на механизма по зададена траектория (изчертаната линия), на базата на която да прави съответни последващи корекции при проектирането на същия. 2D Web приложението е разработено посредством използването на HTML5, Canvas и JavaScript. Показани са примери от работата на същото и е дискутирана приложимостта му в инженерната практика.

Ключови думи: равнинни лостови механизми, проектиране, е-инженеринг, Web, HTML5, Canvas, JavaScript

1. УВОД

Е-инженерингът (e-engineering), който като концепция произхожда от обединяването на две предишни идеи: „дистанционното обучение“ и „отдалечените лаборатории“, в наши дни свързваме до голяма степен с разработването и използването на съвременни Web базирани подходи и средства за нуждите на различни проектантски, управленски и презентационни инженерни цели.

Въпреки сравнително бързото навлизане на Интернет във всички сфери на живота, все още има много нерешени въпроси относно рационалното му използване, особено в инженерната област. Все още инженерите и студентите от инженерните специалности ползват основно Интернет като средство за намиране и извличане на информация, също така като среда за обмяна на CAD файлове и друга информация, без при това да обръщат внимание на възможностите предоставени от съвременните Web технологии за използването на съдържанието на Web документите за моделиране, 2D и 3D презентиране и извършване на различни инженерни изчисления.

В работата са разгледани накратко някои от съвременните Web технологии, подходящи (според автора) за реализиране на приложения и

интегрирани системи в областта на е-инженеринга.

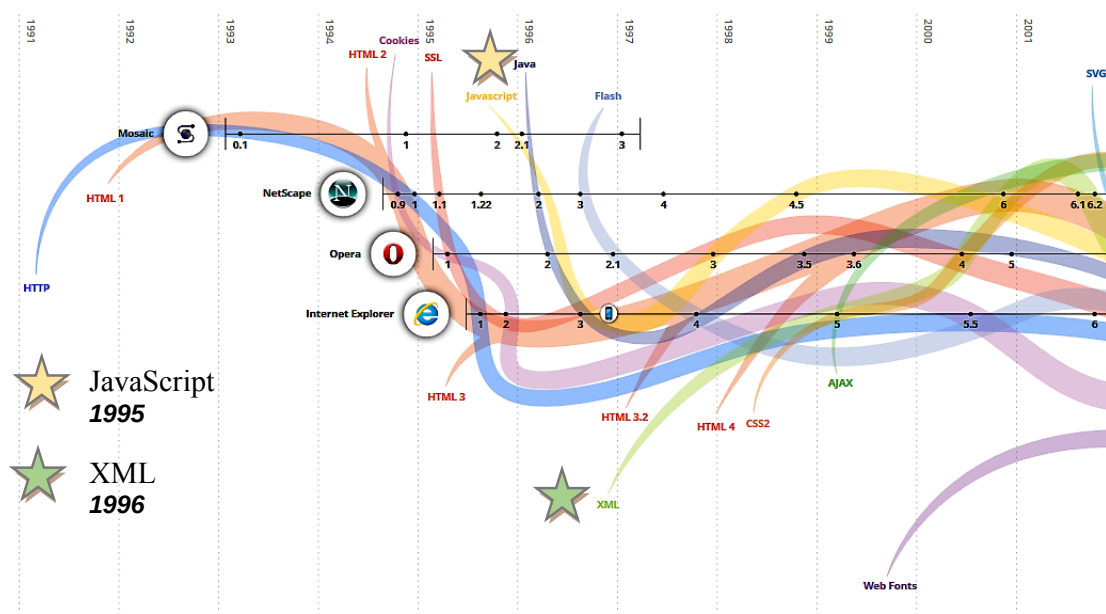
Представено е разработено е-инженеринг 2D Web приложение, подпомагащо проектирането на четири и шест-звенов равнинни лостови механизми.

Дискутират се потенциалните ползи и въздействие, което би имало разработването на подобни Web базирани е-инженеринг модули в различни инженерни фирми и дейности, както и в инженерното обучение.

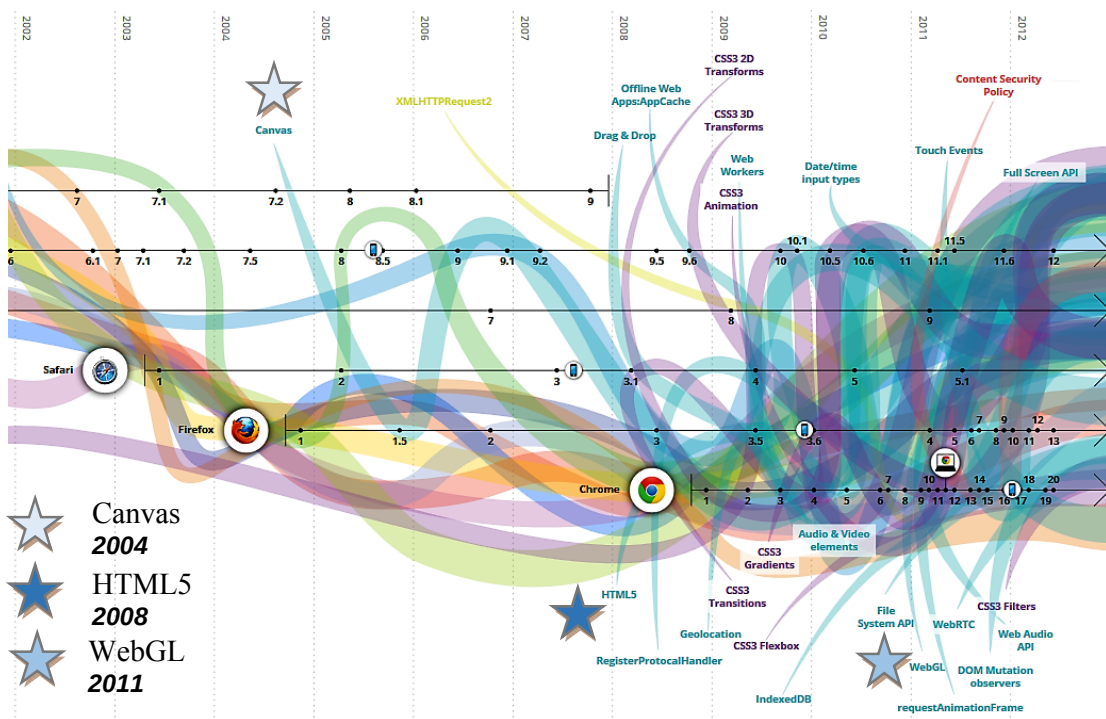
2. СЪВРЕМЕННИ WEB ТЕХНОЛОГИИ И E-ENGINEERING

На фиг.1 и 2 е показана еволюцията на Web технологиите [7], като допълнително са маркирани технологиите, разгледани по-долу.

JavaScript [8] (в съкратен запис JS) е език за програмиране в HTML и Web. С помощта му най-вече се добавя интерактивност към Web страниците (например при реализиране на игри, анимации, въвеждане на данни, стартиране на функции при натискане на бутони, разработване на динамично съдържание на страниците и други. JavaScript е интерпретируем език, т.е. програмите написани на него се изпълняват без да се компилират и работят с т.нар. „интерпретатор“, който от своя страна може да се определи като



фиг.1 Еволюция на Web технологиите – част 1 (1991-2002г.) [7]



фиг.2 Еволюция на Web технологиите – част 2 (2002-2013г.) [7]

"програма за изпълняване на програми".

XML – eXtensible Markup Language [11] е технология, която осигурява възможности за описание на различни по вид и сложност модели и намира приложение в много и различни сфери. Чрез XML информацията се представя в дървовидна (йерархична) структура при спазването на определените в стандарта на World Wide Web Consortium [11] правила. Целта на XML е да описва данните по такъв начин, че да се реализира възможно най-безпроблемно: обменът им между софтуерни приложения; автоматичното им обработване; организирането на платформено –независима комуникация и лесното разширяване и еволюция на приложенията. XML всъщност е стандарт за създаване на езици, които отговарят на правилата на XML или казано с други думи, той описва синтаксиса, който да се използва при създаването на нови езици за решаване на конкретни проблеми. Могат да се посочат много примери за такива езици: Electronic Business XML (ebXML) - за нуждите на електронния бизнес; Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL) за презентация на мултимедия в Web; Mathematical Markup Language (MathML) – за представяне на математически формули и означения; Scalable Vector Graphics (SVG) – за описание на векторни изображения, X3D и COLLADA за 3D моделиране и т.н. На фиг.3 е показана първата версия на експериментална Web базирана мулти-дисциплинарна симулационна среда за проектиране и изследване на мехатронен продукт, обединяваща следните инженерни области: машинно инженерство, електроника и компютърно и софтуерно инженерство [6] 3D моделът използван в симулационната среда е реализиран с XML базирания X3D език. X3D. eXtensible 3D е файлов формат за представяне на 3D компютърна графика. Той е наследник на VRML (Virtual Reality Modeling Language).

Canvas [12] е елемент на HTML5 [10], който се използва за чертане/рисуване на графики на Web страница. Елементът <canvas> следва да се разглежда само като „контейнер“ за графиките. За тяхното изчертаване е необходимо да се използва JavaScript. Canvas предоставя методи за изчертаване на различни геометрични обекти и добавяне на изображения. Той прави включването на скриптирани изображения и

анимации доста по-лесно за програмистите/ Web дизайнерите.

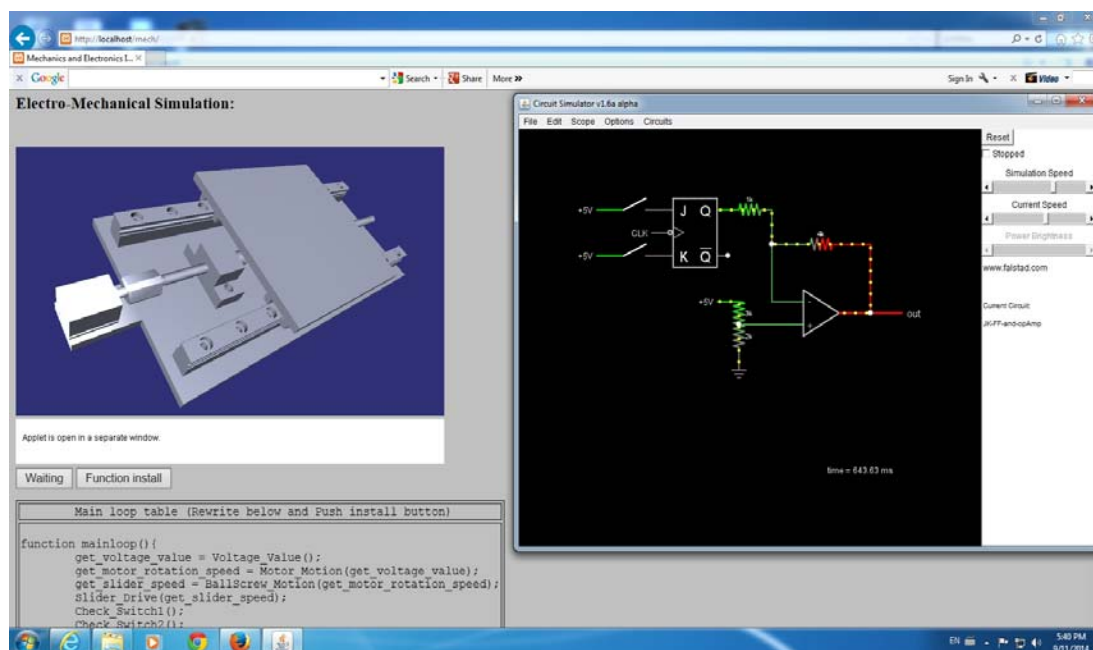
HTML5 (HyperText Markup Language) [10] е последната за момента версия на HTML. Стандартът е завършен като версия препоръчвана за използване през 2014 г. въпреки, че още преди това той оперативно е поддържан от браузърите. Като предшествениците си HTML 4.01 и XHTML 1.1, така и той е маркиращ език за създаване и предоставяне на съдържание в Web пространството. В HTML5 е добавена нова функционалност, включваща: <video>, <audio> и <canvas> елементи; интегриране на SVG съдържание; възможност Web сайтовете да записват повече информация при потребителя и др.

WebGL (Web Graphics Library) [9] е JavaScript API (Application Programming Interface) приложно-програмен интерфейс за визуализиране на интерактивни 3D сцени и 2D графики във всеки съвместим Web браузър без използването на допълнителни плъгини (plug-ins). WebGL се основава на OpenGL ES 2.0 и от своя страна се явява специална версия за работа с мобилни устройства. Спецификацията на WebGL е издадена през 2011 г. като нейното разработване е подкрепено от организацията Khronos Group. В момента се разработва WebGL версия 2.0.

Подборът на посочените по-горе технологии е извършен на основата на опита на автора в търсене на подходящи Web технологии за реализиране на основни дейности в инженерно-проектантската работа, като връзката създаване на 2D/3D CAD/Web модел, изчисления, визуализация и симулиране в Web среда.

3. 2D WEB ПРИЛОЖЕНИЕ ЗА ПРОЕКТИРАНЕ НА РАВНИННИ ЛОСТОВИ МЕХАНИЗМИ

Анализът, моделирането и оптимизирането на механични и др. системи, конструкции и технологични процеси са от съществена важност при проектирането и производството на промишлени изделия, като за целта се използват различни подходи и средства [1,2,3,4,5,6]. Известни са различни инструменти за оптимизация, включително и такива работещи в Web среда.

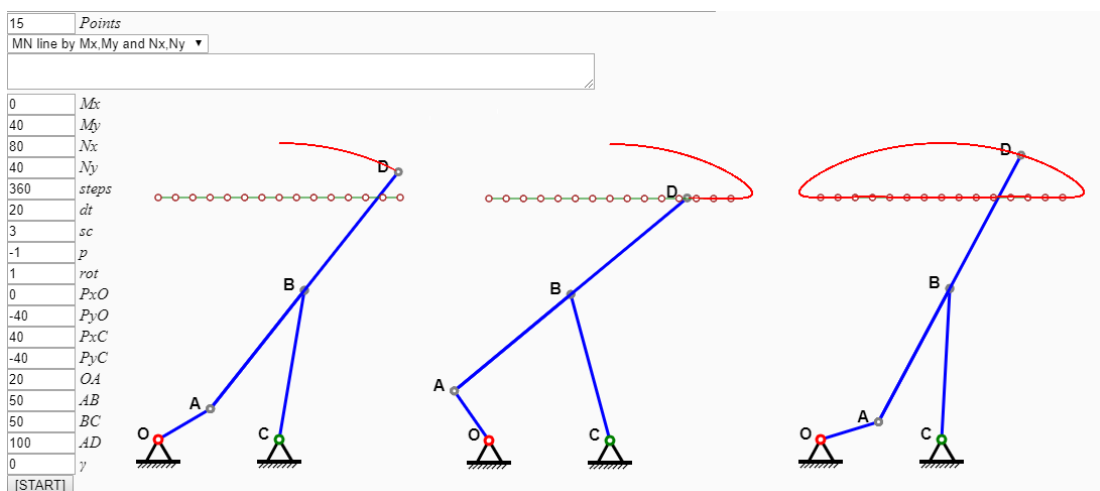


фиг. 3 Web-базирана мулти-дисциплинарна симулационна среда

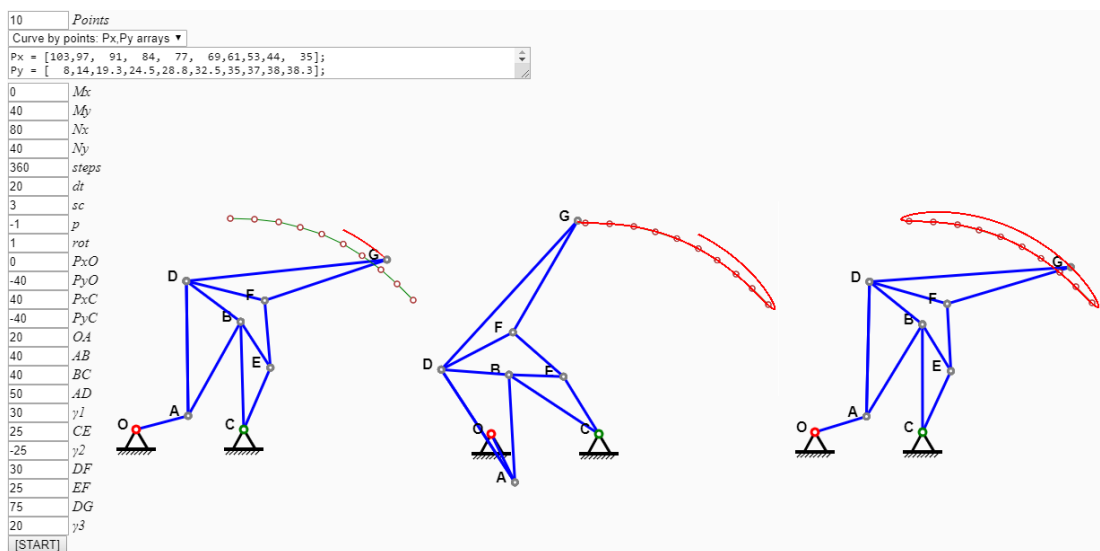
В работата е представено разработено експериментално 2D Web приложение, подпомагащо проектирането на равнинни лостови механизми посредством използване на параметрични модели на четири и шестзвенов равнинни лостови. Осигурена е възможност за изчертаване на линии в работното поле на механизма и по този може да извършва визуална проверка относно движението на точка от звено на механизма по зададена траектория, на базата на която да се правят съответни последващи корекции при проектирането на механизма. На фиг. 4 и 5 са показани примери от работата на същото приложение. В лявата част на фигурите са показани параметрите, съответно на четири и шестзвеновника, линията и симулацията. Тяхното значение е следното: *Points* - брой точки от линията; *MN line by Mx,My and Nx,Ny/ Curve by points: Px,Py arrays* - избор за тип на линията (отсечка/крива); *Px,Py arrays* - координати на множество от точки, определящи желаната траектория на движение (при крива линия); *Mx, My, Nx, Ny* - координати на двете крайни точки за

отсечка (при желано движение по права линия); *steps* - брой стъпки при анимиране на движението; *dt* - интервал от време между отделните стъпки; *sc* - мащабен коефициент; *p=±1* - конфигурация на механизма (двете решения за шестзвенов механизъм, получени при различните стойности на *p*, са показани на фиг.6); *rot=±1* - посока на въртене на входното звено; координати на точки *O* и *C* - *PxO, PyO, PxC, PyC*; дължини на звената на механизма: *OA, AB, BC* и *AD* (за четиризвеновника) + *CE, DF, EF* и *DG* (за шестзвеновника); γ - ъгъл между *AB* и *AD* при четиризвеновника и съответно $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ - ъгли между *AB* и *AD, BC* и *CE, DF* и *DG* при шестзвеновния механизъм.

За разработването на 2D Web приложението са използвани HTML5, Canvas и JavaScript. Приложението работи с два различни елемента `<canvas>` (два слоя, разположени един над друг) за визуализиране на желаната траектория на движение и механизма и неговото поведение. Разработени са функции за изчисляване и изобразяване на звената и връзките на



фиг. 4 Четиризвенник – движение по отсечка (права линия)



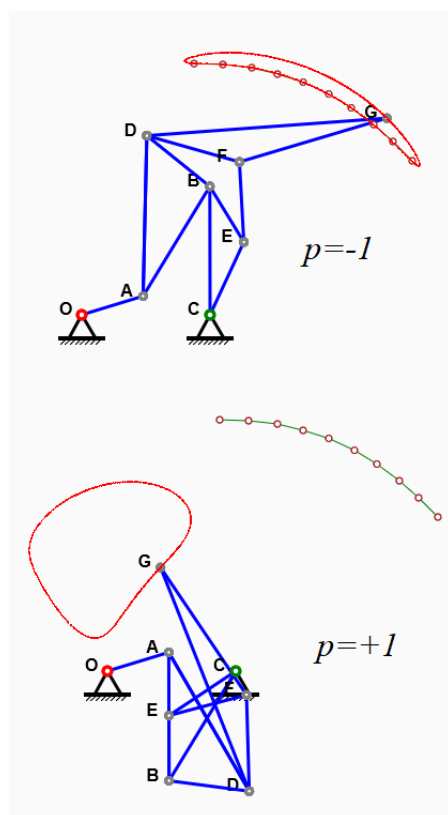
фиг. 5 Шестзвенник – движение по крива линия

проектирания механизъм.

Както беше посочено по-горе, така разработеното приложение, с използване на виртуални Web базирани модели, може да намери приложение както в инженерната практика за визуална проверка и корекции при проектиране на равнинни лостови механизми, така и в процеса на обучение, като интерактивно e-learning средство.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разгледани са накратко част от съвременните Web технологии и възможностите, които те предоставят за разработване на Web базирани e-инженеринг приложения. Разработено е 2D Web приложение за подпомагане на проектирането на равнинни лостови (шест и четиризвенни) механизми посредством визуализиране на поведението на същите.



фиг. 6 Шестзвенник - две решения при $p = \pm 1$

Литература

1. Митрев Р. Кинематичен анализ на работното съоръжение на хидравличен багер със структура RRRR. Bultrib'16, бр. 06., 2016, ISSN: 1313-9878, стр. 377-286.
2. Митрев Р. Обратна кинематика на строителни манипулатори с излишни степени на свобода. Българско списание за инженерно проектиране, бр.37, 2018, ISSN 1313-7530, стр.9-21.
3. Христов В. Визуална среда за симулиране на 802.11n безжични мрежи, Българско списание за инженерно проектиране, ТУ-София, ISSN 1313-7530, брой 10, 2012г, стр.37-44.
4. Chakarov D., Kostadinov K., Gotseva D., Tianov T. Web-based Synthesis of Robot Structures for Micro and Nano Manipulators. Solid State Phenomena, Trans Tech Publications, Switzerland, 2009, Vols. 147-149, ISSN: 1662-9779, pp.25-30.
5. Mitrev R. Optimal selection of components for a hydraulic excavator swinging mechanism. Machines, Technologies, Materials, Year XII, Issue 1-2018, pp. 8-11.
6. Tateno T., Tudjarov B., Koleva D. Web-based Multi-disciplinary Simulation Environment for Mechatronic Product Design and Development, Machine Design, Vol.5(2013) No.4, ISSN 1821-1259, Serbia, pp. 177-182.
7. www.evolutionoftheweb.com Посетен на 08.11.2018г.
8. www.javascript.com Посетен на 08.11.2018г.
9. www.khronos.org/webgl Посетен на 08.11.2018г.
10. www.w3.org/html Посетен на 08.11.2018г.
11. www.w3.org/XML Посетен на 08.11.2018г.
12. www.w3schools.com/html/html5_canvas.asp Посетен на 08.11.2018г.

E-ENGINEERING - FACILITATION OF PLANAR LINKAGES ENGINEERING DESIGN BY 2D WEB APPLICATION

Boris TUDJAROV

Computer systems department, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: bntv@tu-sofia.bg

Abstract: The work presents a 2D Web application (e-engineering module) that facilitates the design of planar linkages by visualizing and animating their movements. On the basis of the developed parametric models of the four and six-bar linkages a Web application with easy user interface was created. It is assured the possibility to draw lines in the working field of the mechanisms: drawing of segments (straight lines) by the coordinates of two points and respectively curved lines according to coordinates of a set of points. In this way, the user can perform a visual check on the movement of a point of the mechanism on a given trajectory (the drawn line), on the basis of which to make appropriate subsequent corrections in the design of the mechanism. The 2D Web application has been developed through the use of HTML5, Canvas and JavaScript. Examples of the application's work are presented and its applicability in engineering practice is discussed.

Keywords: planar linkages, engineering design, e-engineering, Web, HTML5, Canvas, JavaScript