

Българско списание за Инженерно ПРОЕКТИРАНЕ

брой №44, ноември 2021г.

ЦЕЛ И ОБХВАТ

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

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

Председател

Б. Григоров, ТУ-София, България

М.Т.Георгиев	ТУ-София, България	К.Деметрашвили	ТУ, Тбилиси, Грузия
Г.Дюкенджиев	ТУ-София, България	С.Симеонов	ТУ, Бърно, Чехия
М.Денчев	ТУ-София, България	В.Николич	Университет в Ниш, Сърбия
И.Малаков	ТУ-София, България	А.Янакиев	Nottingham Trent University, UK
П.П.Петров	ТУ-София, България	Н.Чернев	University of Auvergne, France
В.Панов	ТУ-София, България	В.Лepadatescu	Transilvania University of Brashov, Romania
М.З.Георгиев	ТУ-София, България	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 Univer- sity, Japan
Ch.Apostolopoulos	University of Patras, Greece	С.Емельянов	Юго-Западный гос. уни- верситет, Курск, Россия
Л.Червяков	Юго-Западный гос. уни- верситет, Курск, Россия	В.Спасов	ВТУ „Т.Каблешков“, Со- фия, България
О.Лисовиченко	Национален технически университет, Украина	В.Кирилович	Государственный универ- ситет "Житомирская поли- техника", Украина

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 №44, November 2021

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.Spasov	VTU „T.Kableshkov“, Sofia, Bulgaria
O.Lisovychenko	National technical university, Ukraine	V.Kirilovich	Zhytomyr Polytechnic State 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/Contents:

Приложение на бейсовите мрежи при управление на риска в организации за техническо обслужване на въздухоплавателни средства.....	5
К. Георгиев	
Using web based calculator of emotional models for identification of compromised internet of things devices	13
A. Hristov, R. Trifonov	
Моделиране и изследване на удар в буфер на роботизиран строителен манипулатор	19
P. Митрев, M. Иванова, B. Панов	
Теорията на гещалт в практиката на дизайна	29
C. Ангелова	
Относно задачата за намиране на четири съответстващи точки, лежаща на окръжност със зададен радиус.....	35
H. Николов	
Относно задачата за намиране на четири съответстващи точки, лежаща на една права....	39
H. Николов	
Относно задачата за намиране на четири съответстващи прави, пресичащи се в една точка.....	43
H. Николов	
Идентификация на централна обикновена кръгова еволвента по зададени две нейни точки.....	47
H. Николов	
Mathematical modelling of tension-temperature for an electrical furnace.....	51
I. Enescu	
Оценка и управление на риска при наличие и развитие на екологични ситуации и катастрофи.....	55
A. Недев, P. Атанасов, П. Наскова	
Проучване и предварително изследване на екзоскелетони за долен крайник.....	61
C. Симеонов, И. Венева	
A short review of the 3d printing methods used in the automotive industry.....	67
Ts. Gechev	
Проектиране на шприцформа за леење под налягане на пробни тела за изпитване на термопластични материали.....	77
H. Георгиев	

Роботизирани палетизиращи системи	83
И. Александрова	
Измерване на показатели на качеството на вино	87
М. Даскалова	
Investigation of metallic materials with ultrasonic methods	91
B. Dzhudzhev, B. Velev	
Измерване на пропускателна способност на новосъздадена клиент-сървър система	95
Т. Ъков, Г. Цочев	
Синтез на система за автоматично управление на хоризонталното праволинейно движение на роботизиран строителен манипулатор	101
М. Иванова, Р. Митрев, В. Панов	
Assistive technologies aimed to improve the overall life quality of elderly users	109
S. Duicu	
Моделирование и расчет показателей работы компьютерных информационных систем ...	113
А. Стенин, О. Лисовиченко, М. Солдатова, С. Стенин	
The importance of constructive structures for wooden houses	119
C. Spirchez, A. Lunguleasa	
Design of a steering mechanism for a personal micro-transportation unit	123
R. Ficherov, P. Stoev	
Сензорни технологии в умните фабрики	129
И. Александрова	
Ергономичното място за живот и онлайн обучение	133
В. Петканска, И. Луканова, С. Манахов	

ПРИЛОЖЕНИЕ НА БЕЙСОВИТЕ МРЕЖИ ПРИ УПРАВЛЕНИЕ НА РИСКА В ОРГАНИЗАЦИИ ЗА ТЕХНИЧЕСКО ОБСЛУЖВАНЕ НА ВЪЗДУХОПЛАВАТЕЛНИ СРЕДСТВА

Красин ГЕОРГИЕВ

катедра „Въздушен транспорт“, Технически университет - София, България
e-mail: krasin@tu-sofia.bg

Резюме: Системите за управление на безопасността (SMS) са ефективен механизъм за подобряване на авиационната безопасност и понастоящем се изискват от авиационните регулации. Поддържането на летателната годност (ЛГ) е ключов елемент от осигуряването на безопасността и също подлежи на контрол посредством SMS. Един от съвременните подходи за анализ и управление на риска се базира на Бейсови мрежи. Прилагането им за управление на безопасността в организации за техническо обслужване не е особено развито. Настоящата разработка дава практически насоки по прилагане на Бейсова мрежа за моделиране на риска в подобна организация, при което са отчетени нормативните изисквания към организацията и осигуряването на ЛГ. Показано е, че получените резултати не противоречат на здравия разум и инженерната преценка. Моделът позволява удовлетворяване на изискванията за анализ на риска и за контрол на риска, които са основни елементи от SMS.

Ключови думи: летателна годност, Бейсови мрежи, анализ на риска, система за управление на безопасността, организации за техническо обслужване, част 145

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Внедряването на система за управление на безопасността е изискване, което касае организациите, пряко свързани с провеждането на полетите [9]. В обхвата му са включени и организации за управление на летателната годност (ЛГ) и организациите за техническо обслужване (ОТО). Стандартните модели за анализ и управление на риска от тип дневник на опасностите и матрица на риска са приложими основно за малки организации. Директната оценка на вероятността и последствията за малък брой сценарии от експерти не може да осигури надеждна и пълна картина на риска при големи организации.

През последните години се наблюдават редица разработки за моделиране на риска за авиационната безопасността на база Бейсови мрежи. Предложени са хибридни модели на причинно-следствените връзки, които добавят Бейсова мрежа към класическите модели, базирани на дървета на събития и дървета на откази, за моделиране на взаимовръзките между базовите събития [7,16]. Други модели са изцяло базирани на Бейсова мрежа [4,8]. Болшинството от моделите описват рисковете свързани с провеждането на полетите. Такива са рискът от излизане от пистата [4], навлизане на пистата [6], сблъсък на въздухоплавателни средства (ВС) в

полет [12,18,20] и други [16]. Някои модели касаят отделни подсистеми от авиационната транспортна система, главно системата за осигуряване на въздушното движение [12,18,20], а други са специално разработени за интегриране на безпилотните летателни апарати във въздушното пространство [17,3]. Съществуват модели, описващи социално-техническите и организационните аспекти на риска [7,10,11] и надграждащи класическите бариерни модели на организационните произшествия [15]. Единственото широкообхватно, по мнението на автора, изследване на риска, свързан с поддържане на летателната годност, е извършено от Дханапала Джаякоди-Араччиге [8].

Причини и фактори, които се отчитат при моделиране на риска, често се базират на утвърдени в авиационната индустрия практики. Такива са номенклатурата за кодиране на причинно-следствените връзки за базата данни на Бюрото за разследване на транспортни произшествия на САЩ (NTSB), използвана в [10], и номенклатурата за категоризиране на причините за човешките грешки при техническо обслужване MEDA [1,5,8,14]. Процедура за събиране и обработка на първична информация за произшествия и създаване на регистър е представена в [2].

Основен проблем при прилагането на Бейсовите мрежи за решаване на практически задачи е опре-

делянето на таблиците с условни вероятности (съвместно вероятностно разпределение, СВР), които характеризират количествено зависимостите между свързаните фактори. Ръчното им попълване от експерти е много трудоемко, а възможностите за грешки и несъвместими оценки са многобройни. Най-лесно е да се генерират случайни вероятности или равномерно разпределение на вероятностите и да се разчита моделът с времето да се обучи при захранването му с експлоатационни данни. Получаването на експлоатационни данни, които да съответстват на структурата на модела, обикновено е възможно чак след разработването на модела и отнема време. Съществуват решения за частни случаи, например използване на логически връзки с добавена неопределеност NoisyOR при бинарни възли [13]. Има изследвания, които показват добра апроксимация на разпределения от реални проекти посредством обобщена логика NoisyMax [19]. Голямо предимство на тези решения е малкият брой параметри, чрез които може да се определи цялото СВР [19].

Получаването на пълна картина на риска, която отчита всички възможни опасности, причини и фактори, е било обект на множество изследвания, но продължава да е проблем за организациите, за които е характерна висока сложност на производствените процеси. Проблемът е особено актуален за организациите, свързани с поддържане на ЛГ, при които лесно се губи връзката между грешките в рутинната работа и последствията за безопасността на полетите.

В настоящото изследване се предлага модел на Бейсова мрежа, който отразява спецификата на организация за техническо обслужване (ОТО) на авиационна техника и ограниченията, свързани с наличие на експлоатационни данни за обучение на модела. Развитието на подобни модели би позволило да се удовлетворят изискванията за анализ и контрол на риска в големи и комплексни ОТО.

2. МОДЕЛ НА ДХАНАПАЛА ДЖАЯКОДИ-АРАЧЧИГЕ

При формиране на структурата на Бейсовата мрежа, Дханапала Джаякоди-Араччиге изхожда от позицията, че повечето опасности при поддържане на летателната годност (CAW – continuing airworthiness) са добре познати на авиационната ин-

дустрия и за тяхното парирание има изградена подобаваща система за защита [8]. Вместо да се започва с поредния анализ на опасностите, може да се допусне, че където има регулация, там има и опасност. Регулацията е в сила, за да действа като защита, и ако е спазена, рискът, свързан със съответната опасност, е сведен до приемливо ниво.

Рискът е представен посредством вероятности на неблагоприятни фактори (опасности), вероятности за грешки в критични точки от процеса на управление на ЛГ, вероятности за различни типове последствия и вероятности за възникване на определени разходи. Подобен детайлен подход позволява проиграване на различни сценарии (ако може да се подобри "Y" то ще се подобри "X") и вземане на управленски решения.

Моделът на Джаякоди се състои от 184 възела, които обхващат 1138 състояния. Част от възлите обобщават ключова информация и са наречени акумулатори или интегриращи възли. Разглежданият модел включва 45 такива възли. За тях е характерно, че имат две възможни състояния – „Безпроблемно“ и „Грешка“. Други възли представляват защити в различни етапи от дейностите по производство на полетите. Тези възли се характеризират с три възможни състояния – „Безпроблемно“, „Открита грешка“, „Пропусната грешка“. Особено важни за крайната оценка на риска са възлите, които характеризират последствията за различните етапи от дейностите по производство на полетите. Принципната структура на модела на Джаякоди е показана на фиг. 1.

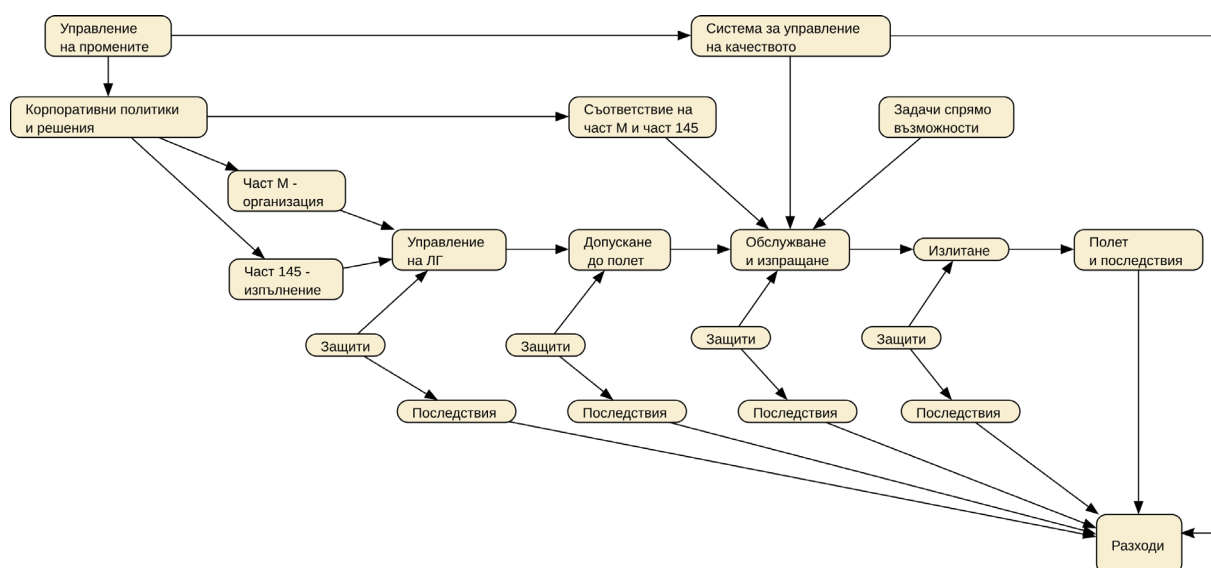
Большинството от възлите съдържат неблагоприятни фактори от най-разнообразен характер. Например възел „Данни/ръководства за ТО“ съдържа едно базово благоприятно състояние „Безпроблемно“ (No Error) и единадесет неблагоприятни състояния: Труден достъп до данните; Недостъпно на работното място; Не се използва информацията; Неразбираемо; Липсва техническа информация; Грешни данни; Противоречиви данни; Липса на актуализация; Неправилна актуализация; Двусмисленост; Подвеждащи фигури. Примерният възел не се вижда на фиг. 1, защото е само един от деветте възела, които влияят на възел „Част 145 – изпълнение“.

Предвидени са и информационни възли, които дават специфична информация за типа летателен

апарат, условията на използване, възраст, проведено обслужване и др.

Причините и съпътстващите фактори за грешки от различен тип се базират на утвърдени в авиационната индустрия стандарти и добри практики, каквато е системата за разследване на събития при техническо обслужване MEDA (Maintenance Error Decision Aid) [5,14]. Освен че подобни таксономии

се базират на многогодишен експлоатационен опит, друго предимство е, че тези системи са внедрени в голяма част от организациите за техническо обслужване и събираните данни следват съответната схема [1]. Включени са и опасности от стратегически характер, свързани с политики и решения от високо ниво, както и с управление на промените в организацията.



фиг.1 Модел на Дханапала Джаякоди-Арачиге за управление на риска при осигуряване на летателната годност (адаптиран от [8])

Разгледаният модел представя в явна форма както нормативните изисквания, свързани с поддържане на летателната годност, така и утвърдени практики за категоризиране на причинно-следствените връзки. Следователно може да се приеме за добра основа за разработване на Бейсова мрежа, отразяваща нуждите на конкретна организация.

3. ПОДХОД ЗА КОЛИЧЕСТВЕНА ХАРАКТЕРИСТИКА НА РИСКА В ОРГАНИЗАЦИЯ ЗА ТЕХНИЧЕСКО ОБСЛУЖВАНЕ И РЕМОНТ

Предложеният подход за характеризирание на риска в ОТО по част 145 се базира на модела на Дханапала Джаякоди [8], като адаптацията включва следните промени:

- Броят на контролираните елементи е значително намален с цел илюстриране на основните концепции, без да се изпада в излишни подробности.
- Елементите, свързани с летателната експлоатация, са изключени от модела, защото включват информация, която в повечето случаи не е на разположение в ОТО.
- Експлоатационните данни ще се натрупват на база календарно време, а не проведен полет. Така по-лесно могат да се отразят латентните неблагоприятни условия, открити при одити и други форми на проактивно и прогнозиращо идентифициране на опасности.
- Предложена е схема за първоначално задаване на параметрите на модела, която се базира на експертни оценки.

Избраната структура на модела е представена на фиг. 2а. Независимите фактори, които са отчетени, са „Данни/ръководства за ТО“, „Работа на организацията по част 145“, „Инструменти и тестово оборудване“, „Обслужени самолети / технически състав“, „Част М, поддържане на ЛГ“, „Част М, организация“, „Част М, стандарт на ТО“ и „Част М, преглед на ЛГ“. Интегриращите фактори са „Организация по част 145“, „Организация по част М“, „Задачи спрямо възможности“ и „Управление на ЛГ“. Включени са и информационни възли – „Оператор“ и „Възраст на самолета“. Така показаната структура е направена само с илюстративна цел и е необходимо да се адаптира за нуждите на всяка конкретна организация, като се обогати с приложимите елементи и причинно-следствени фактори, отчитайки пълния модел на Джанапала Джаякоди, както и действащите нормативни изисквания и добри практики. Моделът е реализиран с помощта на програмен продукт Netica (v. 6.09, Norsys Software Corp., Canada).

Условните вероятности, свързващи интегриращи възли с две възможни състояния (безпроблемно/грешка, не/да, нула/единица, истина/лъжа, липсва/има) се разпределят посредством каноничното взаимодействие смутено ИЛИ, NoisyOR [13, стр. 184]. Такова разпределение е коректно, когато може да се приеме, че съществуват няколко възможни причини b_i за събитието e , всяка от които може да го предизвика сама по себе си с определена вероятност p_i . Събитието може да възникне и спонтанно вследствие на фактори, които не са моделирани, с вероятност p_L (т.нар. изгичане „Leak“):

$$P(e|b_1, \dots, b_m) = 1 - (1 - p_L) \prod_{i=1}^m b_i (1 - p_i) \quad (1)$$

Всяко b_i е бинарна променлива, която може да предизвика събитието, ако е истина. Ако няма изгичане и само една от възможните причини b_k е налице, тогава вероятността за събитието e е равна на податливостта към тази причина, изразена чрез вероятността p_k .

За определяне на условните вероятности, свързващи многофакторни възли с множество възможни дискретни състояние с интегриращи възли от бинарен тип, се прави аналогия с Марковски процес. За всяко състояние x_i на всеки възел X се задава критичност $\lambda_i(x_i)$. Критичността $\lambda_i(x_i)$

изразява интензивност на прехода от неблагоприятен фактор x_i към последствия e . Приемаме следната експоненциална зависимост:

$$P(e|x_1, \dots, x_m) = 1 - \exp\left[-\sum_{i=1}^m \lambda_i(x_i)\right] \quad (2)$$

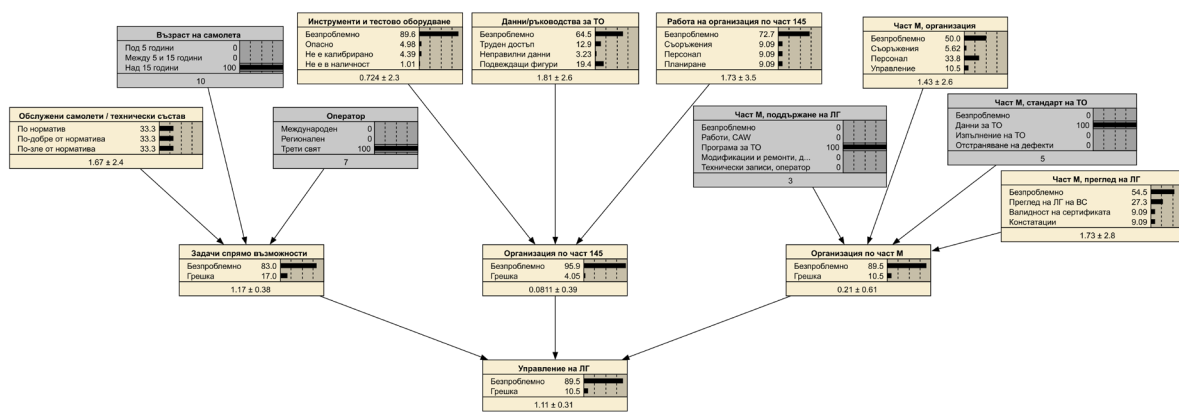
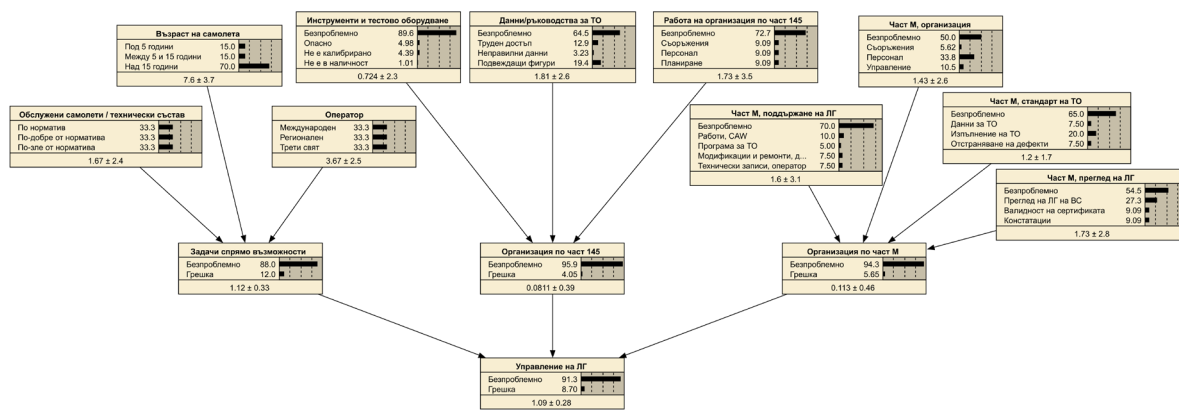
Характеристиката λ на всяко състояние се задава от експерти, според субективна оценка на критичността му спрямо свързаните последствия. Средната стойност на λ за всеки възел може да се разглежда като показател за нивото на безопасност на съответната подсистема.

Организацията на работата по натрупване на експлоатационни данни изисква внимателно планиране, за да бъде успешно внедрена в практиката. Формулярът за попълване на входните данни трябва да съответства на избраната структура на Бейсовата мрежа. Следователно, дори представеният олекотен модел, съдържащ 15 възела, предполага ежедневно попълване на 15 полета с 46 възможни състояния. Захранването на пълния модел на Джаякоди предполага познаване и попълване на таблица със 184 колони. Възможно решение е разпределяне на отговорностите по въвеждане на данни между различните звена, участващи в производствените процеси. При констатиране на проблем отговорното лице го регистрира в споделена база данни. Предварително попълнената стойност по подразбиране за всички полета е „Безпроблемно“. Следователно се попълват само откритите недостатъци за периода, на който отговаря съответният запис от таблицата.

4. АНАЛИЗ НА РИСКА В ОРГАНИЗАЦИЯ ЗА ТЕХНИЧЕСКО ОБСЛУЖВАНЕ И РЕМОНТ

Разработеният модел позволява да се правят заключения за влиянието на различни грешки и комбинации от грешки върху вероятността за грешка в критични възли, например „Управление на ЛГ“. Процесът е илюстриран на фиг. 2б, където състоянието на елементи „Част М, поддържане на ЛГ“ и „Част М, стандарт на ТО“ е фиксирано съответно на проблем с „Програма за ТО“ и „Данни за ТО“, което води до промяна на комплексната вероятност за грешка в елемент „Управление на ЛГ“ от 8.7% на 10.5%.

Реализацията на шлюз от тип смутено ИЛИ (Noisy OR) в програмна среда Netica е извършено посредством следния код (фиг. 3):

$$P(\text{CAW_Management} \mid \text{Part_145_Org}, \text{Part_M_Org}, \text{Operation_vs_Capbility}) = \text{NoisyOrDist}(\text{CAW_Management}, 0.05, \text{Part_145_Org}, 0.1, \text{Part_M_Org}, 0.2, \text{Operation_vs_Capbility}, 0.2)$$


фиг.2 Бейсова мрежа за управление на риска в организация за техническо обслужване

(а) априорно разпределение на вероятностите, отчитащо експертни мнения

(б) постериорно разпределение на вероятностите за конкретни наблюдавани или симулирани данни

Параметрите, с които е инициализиран бинарният интегриращ възел на модела, са дадени в табл. 1.

табл.1 Параметри за определяне на условните вероятности на възел „Управление на ЛГ“

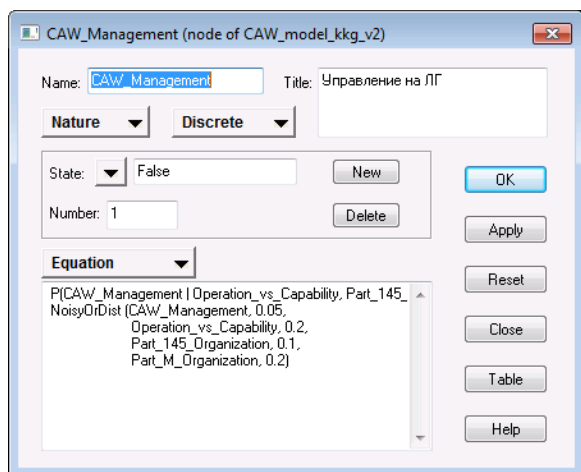
Възел и p_L	Фактори, e_i	p_i
CAW_Management 0.05	Part 145 Org	0.1
	Part M Org	0.2
	Operation vs Capbility	0.2

табл.2 Условни вероятности за възел „Управление на ЛГ“, генерирани с параметрите от табл. 1. С нула е означено „безпроблемно“ състояние, а с единица – „грешка“

Задачи спрямо възможн.	Организация по част М	Организация по част 145	0	1
0	0	0	0.95	0.05
0	0	1	0.855	0.145
0	1	0	0.76	0.24

0	1	1	0.684	0.316
1	0	0	0.76	0.24
1	0	1	0.684	0.316
1	1	0	0.608	0.392
1	1	1	0.547	0.453

Съответстващите им условни вероятности са дадени в табл. 2. Вижда се, че чрез четири параметъра са получени осем вероятности. Приетите стойности са хипотетични и не отразяват опита на реална ОТО.



фиг.3 Задаване на модел от тип Noisy OR в програмата Netica

Задаването на условни вероятности на база на критичността на неблагоприятни фактори изглежда по следния начин в Netica:

```
P (Part_145_Org | Tools_and_Test_Equipment,
Maintenance_Data, Part_145_Org_Performance) =
Part_145_Org==Error ?
(1- exp (- Part_145_Org_Performance - Maintenance_Data - Tools_and_Test_Equipment) ) :
exp (- Part_145_Org_Performance - Maintenance_Data - Tools_and_Test_Equipment)
```

Параметрите λ , които са необходими за инициализиране на интегриращ възел „Организация по част 145“ са дадени в трета колона на табл. 3. С помощта на зададените 12 параметъра се получава таблица с 64 условни вероятности. Дадено е и приетото разпределение на вероятностите p , по състояния.

табл.3 Параметри за родителите на възел „Организация по част 145“

Възел, X	Състояние, x	λ	p
Данни / ръководства за ТО	Безпроблемно	0	0.65
	Труден достъп	4	0.13
	Неправилни данни	10	0.03
	Подвеждащи фигури	5	0.19
Работа на организация по част 145	Безпроблемно	0	0.73
	Съоръжения	10	0.09
	Персонал	1	0.09
	Планиране	8	0.09
Инструменти и тестово оборудване	Безпроблемно	0	0.90
	Опасно	10	0.05
	Не е калибрирано	4	0.04
	Не е в наличност	5	0.01

Примерен сравнителен анализ на влиянието на различни фактори върху избрания критичен възел „Управление на ЛГ“ е даден в табл. 2. Вижда се, че моделът правилно отразява очакваното повишаване на вероятността за грешка с натрупване на неблагоприятни фактори. Аналогична таблица може да се представи за критичен възел „Организация по част 145“, но броят на редовете ще е доста по-голям - 64. Различни сценарии са разиграни в табл. 4.

Важно е да се отбележи, че получените резултати отразяват експертните познания, използвани при разработване на модела, както и данните, събрани при работа и текущ контрол на организацията, при наличието на такива. Това означава, че качеството на оценките ще се подобрява с времето и с натрупване на експлоатационен опит, което ще компенсират евентуалните пропуски и неточности при инициализацията на модела на база експертни мнения по предложената схема. В същото време наличието на първоначално разпределение на вероятностите, което не противоречи на здравия инженерен разум, позволява логически обосновани заключения дори при липса на експлоатационни данни, както и получаване на практически използваем модел при наличие на значително по-малък обем данни спрямо техниките, изцяло базирани на обработка на данни.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представен е модел за оценка и управление на риска в организация за ТО, като елемент от система за осигуряване на безопасността на полетите. Структурата на модела отразява приложимите

нормативни изисквания. Първоначалните разпределения са заложени експертно чрез използване на специално подбрани методи за ефективно комби-

ниране на експертни мнения за приноса на неконтролирани опасности в различни подсистеми за правилната работа на цялата система.

табл.4 Примерни постериорна вероятност за грешка при управление на ЛГ при действие на различни фактори

Фактор 1	Проблем	Фактор 2	Проблем	Вероятност за грешка, %
—	—	—	—	8.7
Данни, ръководства за ТО	Неправилни данни	—	—	9.4
Част М, поддържане на ЛГ	Програма за ТО	—	—	8.95
Данни, ръководства за ТО	Неправилни данни	Част М, поддържане на ЛГ	Програма за ТО	9.65
Данни, ръководства за ТО	Труден достъп	Част М, поддържане на ЛГ	Програма за ТО	9.15
Обслужени самолети / технически състав	По-зле от норматива	—	—	9.25
Обслужени самолети / технически състав	По-зле от норматива	Данни, ръководства за ТО	Неправилни данни	9.94
Задачи спрямо възможности	Грешка	—	—	25.2
Организация по част 145	Грешка	—	—	17.5
Задачи спрямо възможности	Грешка	Организация по част 145	Грешка	32.4

Показано е, че параметрите на модела могат да се намерят с разумен разход на усилия и че получените зависимости съответстват на очакванията.

Обект на бъдещи изследвания може да бъде разширяване на модела и прилагането му с реални данни; съпоставка на различни техники за получаване на условните вероятности; моделиране на зависимостта между действието на някои фактори и проявата на последствията.

Благодарности

Авторът благодари на инж. Марк Шкалов за усилията, положени при разработката на дипломна работа по темата.

Литература

1. **Георгиев, К.** Преглед на грешките и нарушенията при изпълнение на техническо обслужване на самолети в четири организации, *BulTrans-2019 Conference Proceedings*, 2019, стр. 33-40.
2. **Митрев, Р.** Разширен анализ на регистри за аварии на индустриално оборудване чрез вероятностни методи, *Българско списание за инженерно проектиране*, брой 43, януари 2021г.

3. **Ancel, E., Capristan, F. M., Foster, J. V., Condotta, R.** Real-Time Risk Assessment Framework for Unmanned Aircraft System (UAS) Traffic Management (UTM), *AIAA Aviation 2017 Conference*, 2017.
4. **Ayra E.S., Insua D.R., Cano J.** Bayesian Network for Managing Runway Overruns in Aviation Safety. *Journal of Aerospace Information Systems*, 2019 16:12, 546-558.
5. **Boeing**, Maintenance Error Decision Aid Seattle, WA: Boeing Commercial Airplane Group, 1994.
6. **Green L.** Development of a Bayesian Belief Network Runway Incursion Model. *AIAA 2014-2158. 14th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*. 2014.
7. **Groth K, C. Wang C., Mosleh A.** Hybrid causal methodology and software platform for probabilistic risk assessment and safety monitoring of socio-technical systems, *Reliability Engineering and System Safety* 95 (2010) 1276–1285. doi:10.1016/j.ress.2010.06.005.
8. **Dhanapala Jayakody-Arachchige**, Bayesian Model for Strategic Level Risk Assessment in Continuing Airworthiness of Air Transport, PhD Thesis, Cranfield University, 2011.
9. **ICAO**. Doc 9859, Safety Management Manual. Fourth Edition. 2018.
10. **Luxhøj, J. T., Choopavang, A., Arendt, D. N.** Risk Assessment of Organizational Factors in Aviation Systems.

- Air Traffic Control Quarterly, 2001, 9(3), 135–174. doi:10.2514/atcq.9.3.135
11. **Mohagheh Z.** Development of an aviation safety causal model using Socio-Technical Risk Analysis (SoTeRiA). 10th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management 2010, PSAM 2010. 2010. pp. 1942-1953
 12. **Nannapaneni S., Dubey A., Mahadevan S.** Automated aircraft separation safety assurance using Bayesian networks, AIAA 2018-3199. 2018 Aviation Technology, Integration, and Operations Conference. 2018.
 13. **Pearl, J.** Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference, Morgan Kaufmann, San Mateo, CA. 1988, 2nd edition 1991
 14. **Rankin, W.** MEDA Investigation Process, AERO Magazine, 2007, QTR 2, 14–21
 15. **Reason, J.** Managing the Risks of Organizational Accidents. Ashgate Publishing, 1997.
 16. **Roelen A., Wever R.** Accident scenarios for an integrated aviation safety model, Tech. Rep. NLR-CR-2005-560, National Aerospace Laboratory NLR, Amsterdam, Netherlands (November 2005).
 17. **Usach H., Vila J.A., Gallego A.** Trajectory-Based, Probabilistic Risk Model for UAS Operations, Chapter 7, Risk Assessment in Air Traffic Management Edited by Castán J.A.P., Sanz A.R., IntechOpen, London, UK, 2020.
 18. **Valdés, R.M.A.; Comendador, V.F.G.** Hierarchical Bayesian Models to Estimate the Number of Losses of Separation between Aircraft in Flight. Appl. Sci. 2021, 11, 1600. <https://doi.org/10.3390/app11041600>
 19. **Zagorecki A., Druzzel, M. J.** Knowledge Engineering for Bayesian Networks: How Common Are Noisy-MAX Distributions in Practice?. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, vol. 43, no. 1, pp. 186-195, 2013, doi: 10.1109/TSMCA.2012.2189880.
 20. **Zhang X., Mahadevan S.** Aviation Safety Assessment Using Historical Flight Trajectory Data. AIAA 2019-3415. AIAA Aviation 2019 Forum. June 2019.

APPLICATION OF BAYESIAN NETWORKS FOR RISK MANAGEMENT IN AIRCRAFT MAINTENANCE AND REPAIR ORGANIZATIONS

Krasin GEORGIEV

Department of Aeronautics, Technical University of Sofia, Bulgaria

e-mail: krasin@tu-sofia.bg

Abstract: Safety management systems (SMS) are an effective mechanism for improving aviation safety and are currently required by aviation regulations. Continuing airworthiness (CW) is a key element of safety and is also subject to monitoring via SMS. One of the modern approaches to risk analysis and management is based on Bayesian networks. Their application for safety management in maintenance organizations is not well developed. The present work provides practical guidelines for the application of a Bayesian network for risk modeling in such an organization, considering the regulatory requirements for the maintenance organization and CW management. It was shown that the obtained results do not contradict common sense and engineering judgment. The model allows satisfying the requirements for risk analysis and risk monitoring, which are the main elements of SMS.

Keywords: Continuing Airworthiness, Bayesian Networks, Risk Analysis, SMS, MRO, Part 145

USING WEB BASED CALCULATOR OF EMOTIONAL MODELS FOR IDENTIFICATION OF COMPROMISED INTERNET OF THINGS DEVICES

Aleksandar HRISTOV, Rumen TRIFONOV

Faculty of Computer Systems and Technologies, Technical University of Sofia

e-mail: ahristov@tu-sofia.bg

Abstract: The purpose of present paper is to propose an intelligent system for identification of compromised Internet of Things (IoT) devices due to cyberattack, using Web based calculator of Emotional Models (EM). Monitoring is being made and the state is identified through time-synchronized series of indexes for usage of memory, network port and processor. Using system monitor time-synchronized indexes of non-compromised IoT devices are saved as well as indexes of compromised IoT devices due to some well-known cyberattacks in Internet of Things are saved. The parameters of the proposed system are being specified in order to distinguish (filter) the two states of the IoT devices (non-compromised or compromised) by these indexes. A web based calculator of EM is presented, its usefulness is discussed and tasks for the future development are defined.

Keywords: Information Security, Artificial Intelligence Systems, Emotional Models, IoT devices, Web Technologies

1. INTRODUCTION

Nowadays interest in the Internet of Things (IoT), the Industrial Internet of Things (IIoT) and in particular the information security [3] of IoT devices is a growing. The review of the literature showed that the problem with information security of IoT devices is still poorly developed and there are no available systems for detecting compromised IoT devices as a result of cyberattack.

The concept of IoT was first proposed by MIT in 1999. The early IoT was a network based on the RFID technology and devices. It combined objects with the Internet based on the agreed communication protocols to implement intelligent identification and management of objects and realize interconnection and information sharing. IoT is an Internet where all things are interconnected: Information Technology (IT) that includes devices in the data center, in the cloud, bring your own devices (BYODs), and thousands of sensors and actuators connected in the field; Operational Technology (OT) that includes industrial control systems (ICSs), supervisory control and data acquisition (SCADA) systems, and all the devices that connect to these systems; Consumer Technology (CT) that includes connected devices in the home, wearable technology, smart cars, and more. By converging IT and OT, operations managers use IT tools to sift through the realms of operational data and make real-time decisions. IT teams can also use this data to do innovative things such as improving the supply chain and reducing downtime. New device types and the increasing number of devices per person all add up to a significant portion of connected

devices in the age of IoT. IoT security includes devices and applications from IT, OT, and CT. Security includes physically securing the outside and inside perimeters of places, such as data centers, where data is stored, but not only. Securing IoT devices is challenging due to the sheer number of them, the fact that they are found in non-traditional locations, and that many of them cannot be upgraded. IoT devices are increasingly being compromised and used in a wide variety of attacks because they often lack critical device protections such as strong passwords, up-to-date operating systems, and segmented networks.

In [4], a specific approach for identifying compromised devices as a result of a cyberattack is proposed. It is based on monitoring the usage of memory, network interface card (NIC) and processor to determine the state (compromised / non-compromised) of IoT devices. The decisive rule (a function dividing the space of two disjoint sets) of the algorithm finds the correspondence of the state from a time series of values as an input. A peculiarity of the approach is the pre-treatment, i.e. using training samples of time series (usage of memory, network interface card and processor), three cluster areas are determined as well as the center of each cluster. The first cluster corresponds to a non-compromised state, while the second and third clusters correspond to states after SQL Injection. For the second cluster filtering by a predefined field of the table is being done and for the third cluster the values are inserted into a table after their transformation. An advantage of the approach above is that it distinguishes these two specific compromised states and a disadvantage is that

it cannot identify all sorts of other compromised states of the IoT device.

Different approaches are known in the literature [10, 12, 13] for identification of the IoT devices especially in IoT sensor swarms [8 and its references] – some behavioral files are stored and periodically the device must generate the same files that are to be equal to the etalon ones. Mostly cryptography hashing or public key authentication are used. NIST’s NICE [11] includes all the processes necessary to assure that existing and new IT systems meet the organization’s cybersecurity and risk requirements. In the NICE Protect and Defend work category it is discussed how to conduct assessments of threats and vulnerabilities; determining deviations from acceptable configurations or policies; assessing the level of risk; and developing or recommending appropriate mitigation countermeasures.

The purpose of present paper is to propose an intelligent system for identification of compromised Internet of Things (IoT) devices due to cyberattack, using Web based calculator of Emotional Models (EM).

2. EMOTIONAL MODEL BASED METHOD FOR IDENTIFYING COMPROMISED IOT DEVICES

As it has already been mentioned above, present work is privy to Web-based approach of processing of the information for the IoT device based on the emotional model [6,7,14,15] is proposed and Web application developed in [6] is used.

Emotional model concept, containing P number of emotions and Q number of feelings, is shown on Fig. 1. It is based on the relations between emotional inputs, feelings and mood, given in the Eq. (1), Eq. (2) and Eq. (3) [6].

Emotions ($i=1 \dots P$) are described as specific perceptual information $u_i^E(t) \in [0,1]$ and each feeling ($j=1 \dots Q$) is updated at every one moment as the summation of emotions. The i -th emotional input to j -th feeling $u_{i,j}^E(t)$ is calculated as:

$$u_{i,j}^E(t) = d_{i,j} u_i^E(t), \quad d_{i,j} \in [0,1],$$

$$\text{for each } j \quad \sum_{i=1}^P d_{i,j} = 1 \quad (1)$$

$d_{i,j}$ is the degree of contribution from the i -th emotional input to j -th feeling.

The j -th feeling $u_j^F(t)$ is updated by emotion’s inputs and constraints from the mood $u^M(t)$:

$$u_j^F(t) = k u_j^F(t-1) + (1-k) \sum_{i=1}^P u_{i,j}^E(t),$$

$$k = \frac{\gamma^F}{1 + u^M(t-1)} \quad (2)$$

γ^F is the discount rate of the feelings ($0 < \gamma^F < 1$).

Mood as a relatively long-term state is updated by a change in feelings. The mood is updated by the sum of feelings:

$$u^M(t) = \gamma^M u^M(t-1) + \frac{1-\gamma^M}{Q} \sum_{j=1}^Q u_j^F(t) \quad (3)$$

γ^M is the mood discount rate ($0 < \gamma^M < 1$).

Below it is proposed a universal method for identifying various compromised states of IoT devices. This method uses indexes of the mood obtained from the EM for the usage of memory, network interface card (NIC) and processor in percentages, of the IoT device.

Keeping in mind well known facts for 3D computer and its performance, in order to identify compromised IoT devices through EM the number of the emotions has been chosen 3: first emotion is the usage of memory; second emotion is the usage of NIC and third emotion is the usage of processor. Thus, the proposed approach requires the collection of data for usage of memory, NIC and processor. This data become the initial values of the feelings and the mood for the new operation.

The approach proposed in the present paper requires the collection of data for usage of memory, NIC and processor, which become the initial values of the feelings and the mood for the non-compromised state of IoT device. The emotional pattern used in this observation is the same for different states (compromised or non-compromised). But when more data is gathered for usage of data for usage of memory, NIC and processor, EM can be changed and developed by changing the observed emotions and feelings, as well as the settings of the model itself. A separate XML document with emotional data is created for each of these states (compromised or non-compromised) and is analyzed by passing through the emotional model calculations. By analogy with [6,7,14,15] the number of the feelings has also been chosen 3- F1, F2 and F3. This way an additional priority can be assigned to each feeling when “training” the model. For example, usage of memory, NIC and processor. In this paper values of the parameters (γ^F and γ^M and the degree of contribution $d_{i,j}$) have been chosen arbitrarily.

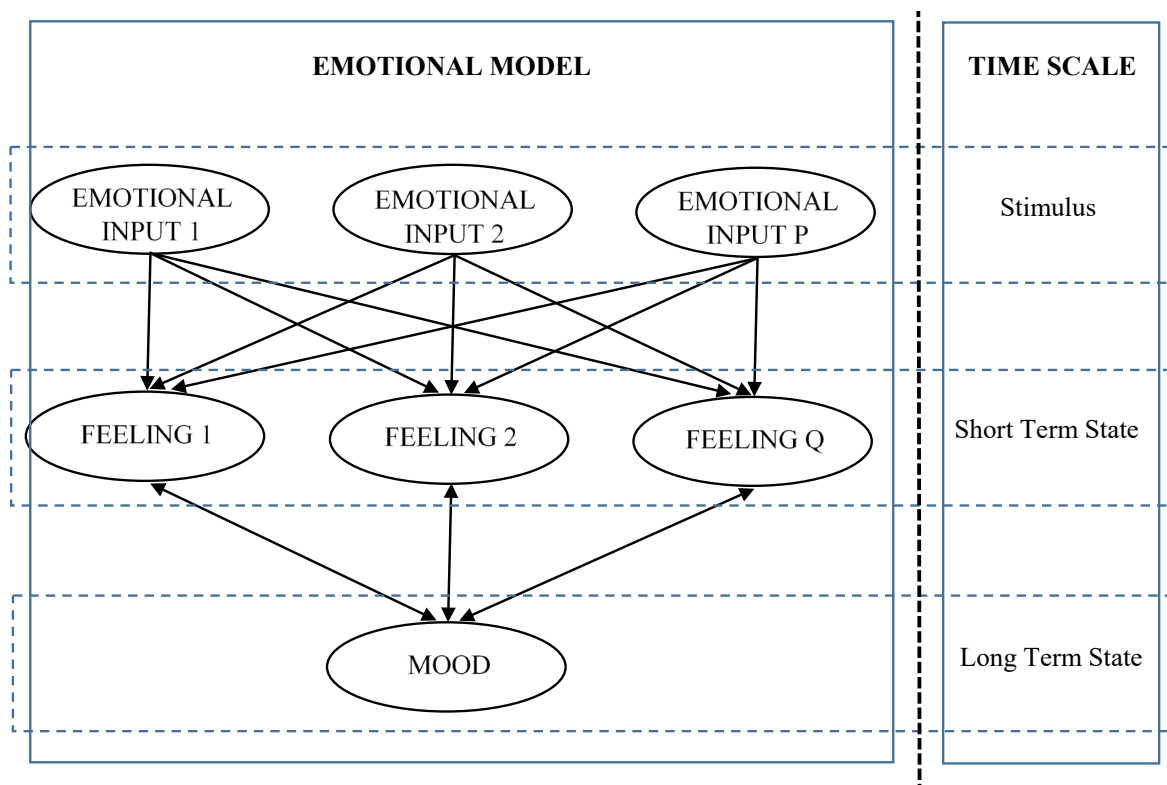


fig.1 Emotional model concept.

Note that full factorial experiment for training this EM with specific data for the usage of memory, NIC and processor with 10 levels for each factor leads to $10^{(3 \times 3 + 2)} = 10^{11}$ combinations

3. WEB BASED CALCULATOR OF EMOTIONAL MODELS

New emotional model for identifying compromised IoT devices is created and calculated by using the Web-application [6] - Web based calculator of Emotional Models. This Web calculator [9] is built by using contemporary Web technologies: HTML5, JavaScript, Canvas and eXtensible Markup Language (XML). The input of emotional model calculator is a XML document with predefined structure. This XML file describes both: emotional model and emotional data. The file was created with MS Excel and saved as XML Spreadsheet 2003. The content of the XML file is shown in Table 1. Its structure and the contents of the

cells, row per row are presented in the bottom right corner of the table with italic letters. HTML5 Web calculator of emotional models reads data and according to the emotional model rules calculates the values of the feelings and mood as described in Eq. (1), Eq. (2) and Eq. (3) and visualizes result.

4. EXPERIMENTAL RESULTS

In order to conduct the experimental results with existing similar implementations of systems for identifying various compromised states of IoT devices, the initial data for usage of memory, NIC and processor (in percentages) of the IoT device from [4] is used below. The graphical data from [4] is preprocessed in manner described in [1] to transform these data in numerical form as .xml files. These values (from the corresponding .csv file from [8]) for usage of processor, memory and network interface card (NIC) are imported into the EM (.xml file from [8]) through the Copy-Paste functionality of MS Excel.

Table 1. Emotional model for state identification of IoT devices

01	Time	mem	nic	pr	F1	F2	F3	Mood
02	0.85	e	e	e	f	f	f	m
03	0.9	#FF9933	#FF8000	#FF0080	#CC001A	#993330	#FF0000	#000000
04	AFL	1	1	1	1	1	1	1
05	F1	0.05	0.05	0.9	0	0	0	0
06	F2	0.05	0.1	0.85	0	0	0	0
07	F3	0.05	0.15	0.8	0	0	0	0
08	0	0.291071	0.099107	0.134375	<i>Row 01 – the first column is named “Time” and other columns are named on observed emotions, feelings and mood;</i> <i>Row 02 – in the first column is given the discount rate of the feelings, in the next columns are given the markup symbols for the emotions “e”, for the feelings “f” and for the mood “m”;</i> <i>Row 03 – in the first column is given the discount rate of the mood and in the next columns are specified the colors for the graphical presentation of each emotion, feeling and mood;</i> <i>Row 04 – marked as AFL (Alert Filter Level) gives the minimum values over which the system generates alert;</i> <i>Rows 05 – ... (in our case 05 – 07) in the first column are repeated the names of the feelings and in the next columns for the emotions (marked with “e”) is given the corresponding participation of emotions in the definition of feelings.</i> <i>Rows after that (numbered 0...n in the column Time) include the values of monitored emotions in every one observed moment in time between 0 and n.’ [6]</i>			
09	1	0.291071	0.100893	0.13125				
10	2	0.291071	0.100893	0.13125				
...				
n	524	0.2625	0.111607	0.221875				

Note that the initial values for the emotions i.e. usage of memory, NIC and processor (columns mem, nic and pr from Table 1) correspond to Time n=0 and the final values correspond to Time n=524. Next 3 columns contain the feelings and last one contains the mood.

Due to the limited size of the current paper in [10] are given the .xml files for the usage of memory, network interface card (NIC) and processor of the IoT device, in the case when the device is non-compromised (EMOCOL_Z1.xml) and in the case when it is compromised (EMOCOL_Z2.xml). Web based calculator of Emotional Models has been used to calculate the moods for these two states of the IoT device. Corresponding screenshots are shown in fig. 2 and fig. 3.

Final values for the mood from calculator of Emotional Models (n=524 in the column Time) for both states of IoT device are shown in table. 2. The first row of the table shows the mood of non-compromised IoT

device, and in the second row shows the mood of compromised device. Also, a third row is added to the table, in which the difference in percentages between the mood for compromised and non-compromised state of the IoT device is given.

The experimental results and more precisely the indexes for the mood (Table 2) show that the difference between the compromised and a non-compromised IoT device is $\Delta = 12.4\%$. This corresponds to the results and conclusions from [1, 4], which is also a verification of the obtained results.

table. 2. Results for memory usage

	E
Non-compromised	0.310
Compromised	0.274
Δ	12.4 %

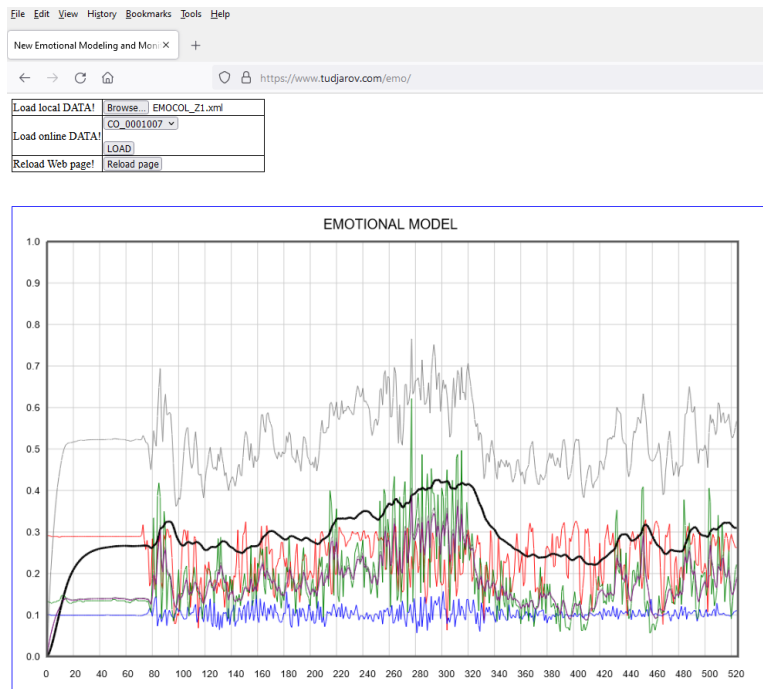


fig.2 A screenshot from the calculator of Emotional Models for the non-compromised IoT device.

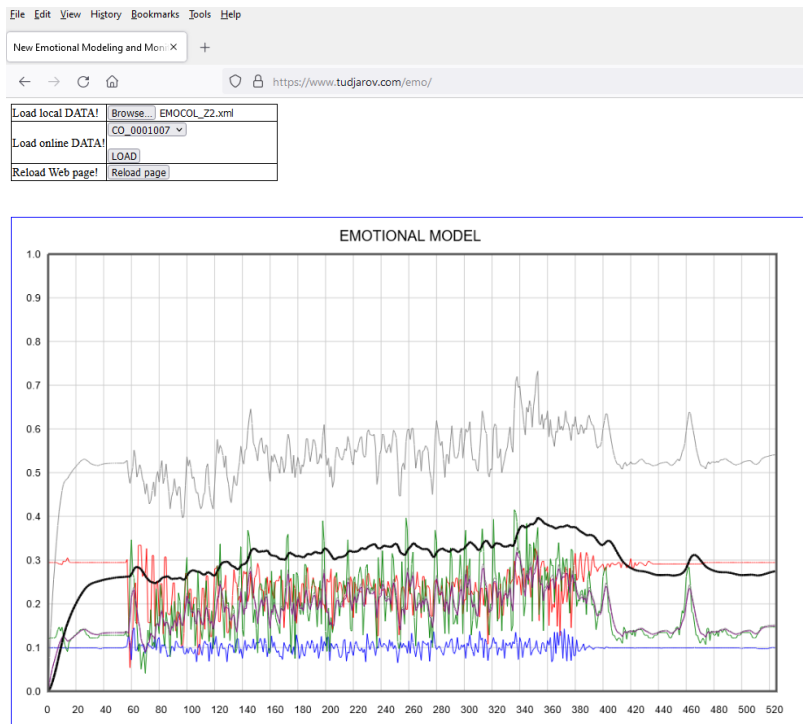


fig.3 A screenshot from the calculator of Emotional Models for the compromised IoT device.

5. CONCLUSION

An intelligent system for identification of compromised IoT devices due to cyberattack, using web based calculator of EM has been proposed. The results obtained in the present paper are expected to find application in engineering practice, and education process. The proposed approach and web calculator of EM can be relatively easily used in other areas of information security. The work provides an initial solution to such a problem as identification of compromised IoT devices and can be further developed or can be used to give an idea and/or provoke other researchers in their future work.

As a further work we plan to study the applicability of proposed approach in the cybersecurity of Internet of Things and more accurately identifying of compromised IoT devices after cyberattack trough:

-Finding the optimal coefficients $d_{i,j}$ and γ^F and γ^M (such to maximize the difference in moods for compromised and a non-compromised IoT device, Δ).

-Improvement of parameters of emotional model based on its implementation in practice and analysis of its application.

-Improvement of the contents of emotional data based on their classification and definition of their values by the use of the classification.

-Development and implementation of a monitoring system for devices in IoT network keeping in mind that if this would be an intrusive monitoring, it will kill the worst-case execution time.;

-Development of hardware and software implementation of the system for detection of compromised IoT devices as a result of the cyberattack on FPGA;

-Verification and validation by comparing the results with the results of known models which solve similar problem.

ACKNOWLEDGMENTS

The results published in the paper have been achieved under the project № 212ПД00001-09, funded by Scientific and research sector of Technical University- Sofia.

The author would like to thank the Technical University-Sofia for the financial support.

References

1. **Hristov, A.** Intelligent system for identification of compromised Internet of Things devices after cyberattack, Bulgarian Journal for Engineering Design, issue 43, January 2021, ISSN 1313-7530 , pp. 17-22 (in Bulgarian).
2. **Hristov, V.,** REMOTE CONTRL OF DEVICES TROUGH SSH TUNNEL, Bulgarian Journal for Engineering Design, issue 38, January 2019, ISSN 1313-7530, pp.21-26
3. **Trifonov, R., et. al.** Network and Information Security, Avangard Prima, 2013, ISSN 978-619-160-183-7 (in Bulgarian).
4. **Sukhoparov M., Lebedev I.** Identification the Information Security Status for the Internet of Things Devices in Information and Telecommunication Systems. Systems of Control, Communication and Security, 2020, no. 3, pp. 252-268 (in Russian).
5. **Tan L., Jiang J.** Digital Signal Processing 2nd Edition, Academic Press, ISBN: 9780124158931, 2013
6. **Tudjarov B., Panov V.** Web Based Approach for Discovering and Prevention of Customs Violations by Application of Emotional Model, Proceedings of the 25th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics: (WMSCI 2021), Orlando, Florida, USA, ISBN: 978-1-950492-54-1 (Collection), ISBN: 978-1-950492-55-8 (Volume I), 77-82 pp.
7. **Tudjarov B., N. Kazakov, V. Panov, V. Penchev** "Development of the Products - Monitoring and Forecasting based on Emotional Model", University in Tuzla, Faculty of Economics in Tuzla - International Conference Proceedings "How to Manage in Time of Crisis", November 26-28, Bosnia and Herzegovina, 2009, pp.377-385.
8. **Zendara O., et. al.** Swarm intelligence-based algorithms within IoT-based systems: A review
9. <https://www.tudjarov.com/emo/> - Accessed July 23rd 2021
10. <https://github.com/sashkinaaa/EmotionalModel> - Accessed July 23rd 2021.
11. <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.800-181.pdf> - Accessed July 23rd 2021
12. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6308658/> - Accessed July 23rd 2021
13. <https://www.enisa.europa.eu/publications/good-practices-for-security-of-iot> - Accessed July 23rd 2021
14. **B. Tudjarov, N. Kubota, Sh. Aomura, Z. Anisic** "Open Innovation and Web based Monitoring by the use of Emotional Model", 4th International Conference on Mass Customization and Personalization in Central Europe (MCP - CE 2010) Proceedings, September 22-24, Novi Sad, Serbia, 2010, pp.182-187
15. **N. Kubota, S. Wakisaka** "An Emotional Model Based on Location-Dependent Memory for Partner Robots", The Robotics and Mechatronics Conference 2008 (RO-BOMEC'08), Nagano, Japan, June 5-7, 2008, Journal of Robotics and Mechatronics Vol.21, No.3, 2009, pp. 317-323.

МОДЕЛИРАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА УДАР В БУФЕР НА РОБОТИЗИРАН СТРОИТЕЛЕН МАНИПУЛАТОР

Росен МИТРЕВ¹ Мирослава ИВАНОВА² Веско ПАНОВ³

^{1,3}катедра „Инженерна логистика, подемно-транспортна и строителна техника”,

Технически университет - София, България

¹e-mail: rosenm@tu-sofia.bg, ³e-mail: vpanov@tu-sofia.bg

²катедра „Математически анализ и диференциални уравнения”,

Технически университет - София, България

e-mail: mj_ivanova@tu-sofia.bg

Резюме: Статията е посветена на математическото моделиране и изследване на удар в буфер на роботизиран строителен манипулатор (PCM) с линейна кинематична структура, извършващ надлъжно движение. Разработен е динамичен модел на PCM с твърдо закрепен товар, чрез който се моделира удара в буфер. Буферът е представен като елемент с еластични и дисипативни свойства. Извършено е числено решаване на системата диференциални уравнения и са анализирани резултатите за два случая – двигателят на машината работи преди, по време и след удара в буфера; двигателят е изключен и движението преди и след удара се извършва под въздействието на инерционните и съпротивителните сили. Анализирано е поведението на системата за двата случая.

Ключови думи: математичен модел, удар в буфер

1. ВЪВЕДЕНИЕ

При експлоатацията на товароподемни или строителни машини, движещи се по релсов път (кранове, манипулатори, трансманипулатори, асансьори и др.) е възможен удар на машината в ограничаващ хода буфер, установен в края на релсовия път [1]. Такава ситуация нарушава нормалния технологичен или транспортен процес и има аварийен характер. Тя се случва най-често поради следните причини: 1) несработване на крайните изключватели, прекъсващи захранването на двигателя на механизма за пътуване при достигане на определен участък в края на релсовия път; 2) функционален отказ на спирачната система; 3) функционален отказ на кинематичната верига на трансмисията на задвижващия механизъм на механизма за пътуване; 4) човешка грешка или действие на околната среда.

При удара в буфер, металната конструкция на машината и товара са подложени на големи ускорения с ударен характер. Те предизвикват високи механични напрежения в конструкцията, вибрации с голяма амплитуда, а също така и подлагане на товара на големи претоварвания с потенциална възможност за неговото отделяне от товарозахватното устройство или работния орган. Моделирането и изследването на такава екстремална ситуация позволява да се прогнозира динамичното

поведение на машината и като следствие – да се реализират адекватни конструктивни решения.

Въпросът за моделиране на удар в буфер на съоръжения, движещи се по релси, е разглеждан нееднократно в литературата. Наред с приложените инженерни методики [12,14,15] са разработени и по-сложни динамични модели, позволяващи по-детайлно изследване на механичното взаимодействие на машината и буфера. Дисертационният труд [13] изследва числено и експериментално динамичното поведение на мостов кран при удар в буфер. В работата [9] е представен динамичен модел с две степени на свобода, посредством който е изследвано динамичното поведение на транспортно средство със свободно окачен товар при удар в буфер. Статията [10] представя теоретични резултати от моделирането и експерименталното изследване на удара между две тела с голяма разлика в масите и по-конкретно – удара между кран и буфер. В [3] е получено теоретично решение на тримасов динамичен модел на кран, отчитащ еластичността на трансмисията и наличието на свободно окачен товар. Статията [16] представя изследване на напрегнато-деформираното състояние на мостов кран при удар в буфер, като изследването е извършено чрез метода на крайните елементи, а резултатите са потвърдени експериментално.

Целта на настоящата работа е да се моделира

динамичното поведение на механичната система „роботизиран строителен манипулатор – буфер“ при възникване на удар в буфер.

2. МАТЕМАТИЧЕСКО МОДЕЛИРАНЕ НА УДАР В БУФЕР

Използван е математическия модел на роботизиран строителен манипулатор (РСМ) с линейна кинематична структура, разработен в [8]. Математическият модел е изведен за случая на надлъжно движение по релси. Динамични модели на машини с подобна кинематична структура са разработени и в [2,4,5,6,7], а в [6,7,17] е приведена постановката на задачата за удар в буфер.

Динамичният модел на РСМ с твърдо окачен товар, с три степени на свобода е показан на фиг.1 [8] и се състои от следните елементи:

1) Праволинейно движещо се в хоризонтално направление звено, означено с поз.1 и представляващо точкова маса с маса m_1 , разположена в т. C_1 .

В тази маса се включва цялата маса на манипулатора (долните и горните хоризонтални свързващи греди, елементи на ходовата част, вертикалните водещи колони, помощни елементи и системи) без масата на товара и вертикално движещата се платформа;

2) Вертикална водеща колона, означена с позиция 2. Колоната е представена като безмасово звено, свързано с маса m_1 чрез въртяща двоица в т. C_1 . Еластичните и демпфиращите характеристики на колоната в хоризонтално надлъжно направление се представят чрез съсредоточен ротационен елемент с ъглов коефициент на еластичност k_2 и коефициент на демпфиране b_2 , разположен във въртящата двоица;

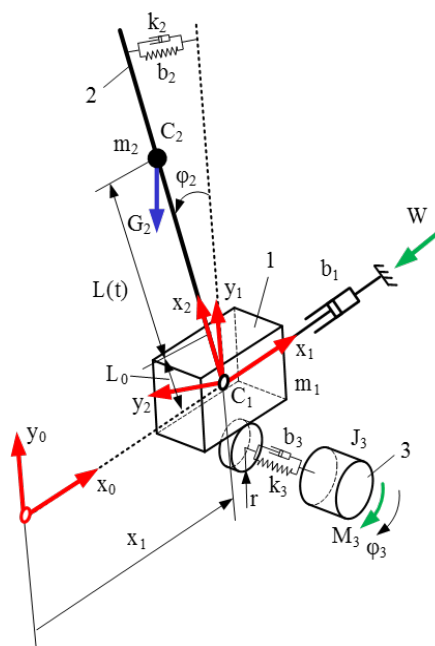
3) Точкова маса m_2 , разположена в т. C_2 , представляваща вертикално движещата се по височина на колоната платформа и свързаните с нея елементи. Движението на тази маса по височина е кинематично определено чрез задаване на закон на движение $L(t)$;

4) Задвижващ механизъм на РСМ е (поз.3), представено чрез ротационно звено 3 с приведен масов инерционен момент J_3 , представляващо инерционните характеристики на задвижването. Еластичните и демпфиращите характеристики на елементите на задвижването се представят чрез приведен еквива-

лентен ротационен елемент с ъглов коефициент на еластичност k_3 и коефициент на демпфиране b_3 . Трансформирането на въртеливото движение на звено 3 в праволинейно постъпателно движение на звено 1 се извършва чрез колело с радиус r . Взаимното разположение на елементите на системата се дефинира с релативните координати, показани във вектора на обобщените координати \mathbf{q} :

$$\mathbf{q} = [x_1 \quad \varphi_2 \quad \varphi_3]^T \quad (1)$$

където: x_1 - линейно преместване на $\{x_1, y_1\}$ спрямо неподвижната координатна система; φ_2 - ъгъл на завъртане на колоната спрямо вертикалното ѝ положение, определян като ъгъл между осите x_1 и x_2 ; φ_3 - ъгъл на завъртане звено 3;



фиг. 1 Динамичен модел на РСМ с твърдо окачен товар

Геометричните зависимости са изведени чрез използване на матрици на хомогенна трансформация, позволяващи извършване на преход между съседни координатни системи [11]. При запис на получените изрази се използват следните съкращения: $c_2 \rightarrow \cos \varphi_2$, $s_2 \rightarrow \sin \varphi_2$, $c_{23} \rightarrow \cos(\varphi_2 + \varphi_3)$, $s_{2\psi} \rightarrow \sin(\varphi_2 + \psi)$ и т.н. Диференциалните уравнения, описващи движението на механичната конст-

рукция при удар в буфер имат следния вид [8]:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{V}\dot{\mathbf{q}} + \mathbf{K}\mathbf{q} + \mathbf{N} + \mathbf{G} = \mathbf{Q}_{buf} \quad (8)$$

със следните матрици:

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} m_1 + m_2 & -(L_0 + L)m_2c_2 & 0 \\ -(L_0 + L)m_2c_2 & m_2(L_0 + L)^2 & 0 \\ 0 & 0 & J_3 \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} b_1 + \frac{b_3}{r^2} & 0 & -\frac{b_3}{r} \\ 0 & b_2 & 0 \\ -\frac{b_3}{r} & 0 & b_3 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$\mathbf{K} = \begin{bmatrix} \frac{k_3}{r^2} & 0 & -\frac{k_3}{r} \\ 0 & k_2 & 0 \\ -\frac{k_3}{r} & 0 & k_3 \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$\mathbf{N} = \begin{bmatrix} m_2(L_0 + L)s_2\dot{\phi}_2^2 - m_2s_2\ddot{L} - 2m_2c_2\dot{L}\dot{\phi}_2 \\ 2m_2(L_0 + L)\dot{L}\dot{\phi}_2 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} 0 \\ -m_2g(L_0 + L)s_2 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (13)$$

Статичното съпротивление при движение се изчислява:

$$W = (m_1 + m_2)gw_s \quad (14)$$

На фиг.2 е показан динамичен модел, чрез който

се моделира удара в пружинен буфер, представен като елемент с еластични и дисипативни свойства. Моделът е основан на динамичния модел на РСМ с твърдо закрепване на товара, като освен означенията от фиг.1, са въведени и следните допълнителни обозначения: x_{buf} – разстояние, на което е разположен буфера от неподвижната координатна система; чрез c_{buf} и b_{buf} са означени съответно коефициента на еластичност и коефициента на демпфиране на буфера. Силата от буфера F_{buf} , въздействаща върху манипулатора при контакта им, се представя като външна сила, поради което вектора на обобщените сили има вида:

$$\mathbf{Q}_{buf} = \begin{bmatrix} -Wsign(\dot{x}_1) - F_{buf} \\ 0 \\ M_3 \end{bmatrix} \quad (15)$$

Силата в буфера се пресмята като сума на еластичната F_c и на демпфиращата F_b компоненти в буфера:

$$F_{buf} = F_c + F_b \quad (17)$$

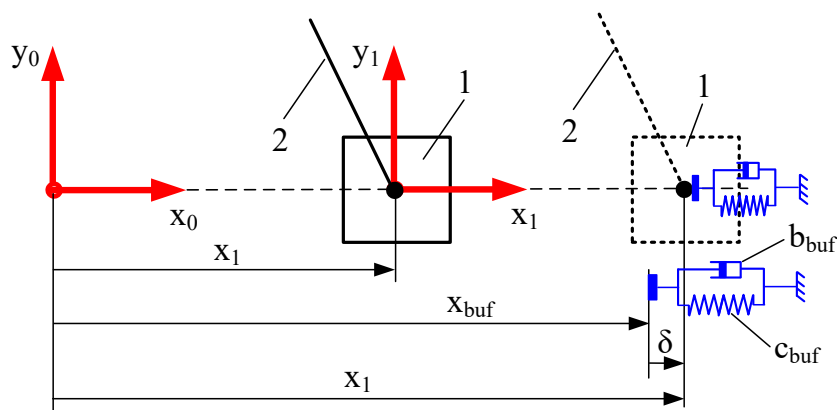
Еластичната компонента F_c има вида:

$$F_c = c_{buf}\delta \quad (18)$$

където δ е деформацията на буфера. Демпфиращата компонента F_b има вида:

$$F_b = \max(0, b_{buf}\dot{\delta}) \quad (19)$$

където функцията \max осигурява едностранното действие на силата в демпфера, т.е. тя е активна при свиване на буфера, но не и при удължаване.



фиг.2. Динамичен модел при удар в буфер на РСМ с твърдо закрепен товар

Използвайки означенията на фиг.2, деформацията δ се определя като:

$$\delta = \begin{cases} (x_1 - x_{buf}), & \text{ако } (x_1 - x_{buf}) > 0 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (20)$$

Съответно,

$$\dot{\delta} = \begin{cases} \dot{x}_1, & \text{ако } \delta > 0 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (21)$$

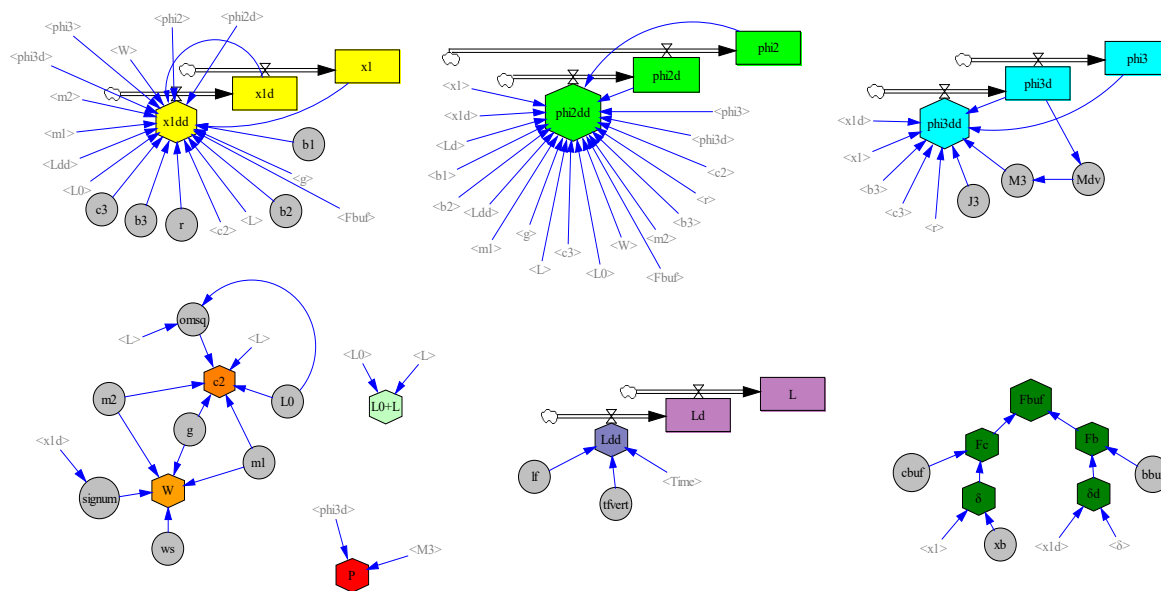
При изследването на процеса на удар в буфер са разгледани следните два случая:

1) Двигателят на машината работи преди, по време и след удара в буфера. В този случай след удара в буфер движението на машината се реверсира при работещ двигател, което означава, че двигателят работи в спиращ режим (режим на противовключване) и следва да се използва механичната характеристика на двигателя в четвърти

квадрант; 2) Двигателят е изключен и движението преди и след удара се извършва под въздействието на инерционните и съпротивителните сили.

На фиг.3 е показан графичния модел на системата при удар в буфер, чрез който се извършва численото решаване на системата диференциални уравнения. Характеристиките на механичната система са изследвани при два случая: 1) Товарът е в най-ниската си позиция - $L_0+L=1$ m; 2) Товарът е в най-високата си позиция - $L_0+L=14$ m.

С номера 1 и 2 на графиките са означени получените резултати за най-ниската и най-високата позиции на товара. Резултатите за случая с работещ двигател са показани на фиг.4, а резултатите за случая със спрян двигател – на фиг.5. Използвани са следните числени данни: $c_{buf}=310 \times 10^3$ N/m, $b_{buf}=54.5 \times 10^3$ Ns/m, $x_{buf}=5$ m.



фиг.3 Графичен симулационен модел при удар в буфер

4. АНАЛИЗ НА ДИНАМИЧНОТО ПОВЕДЕНИЕ НА СИСТЕМАТА ПРИ УДАР В БУФЕР

Анализът на представените от численото решение резултати позволява да се направят следните изводи за динамичното поведение на системата:

1) За случая с работещ двигател:

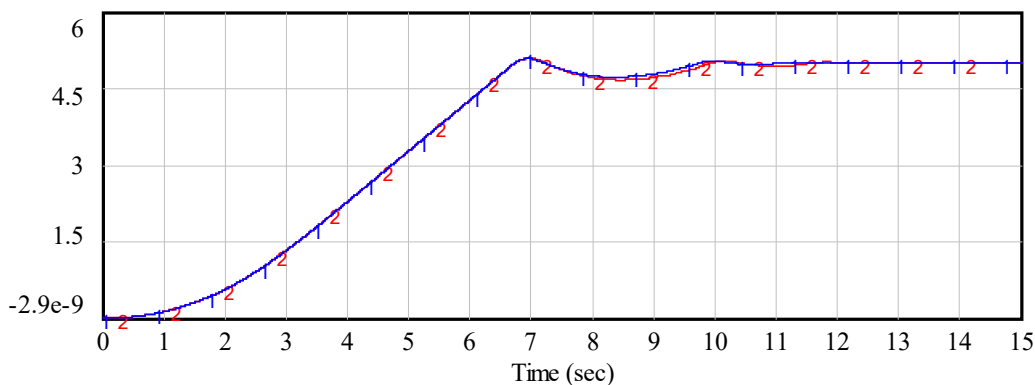
- Налице са три удара, като първият се извършва в момент от време 6.72 s, а продължителността му е 0.48 s, т.е. това е продължителността на времето между първоначалния контакт с буфера и последващото го отделяне от буфера – фиг.4 д);
- Максималната сила в буфера след първия удар е 54114 N, след втория и третия удари е съответно 21891 N и 6484 N. Силата, с която маши-

ната натиска буфера след прекратяване на ударите е 3287 N – фиг.4 д). Максималните деформации на буфера при трите удара са съответно 0.093 m, 0.04 m и 0.014 m – фиг.4 е); След първия удар връщането на машината назад е 0.35 m, а за втория и третия удари съответно 0.06 m и 0.0034 m – фиг.4 а). Окончателната позиция на машината е при контакт в буфера, което може да се установи и от фазовата траектория на фиг.4 ж), която има характер на равновесна точка тип „устойчив фокус“;

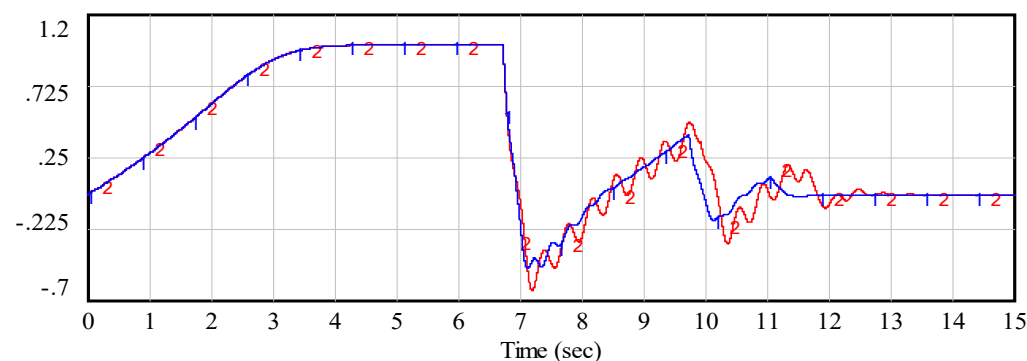
- Максималната скорост на движение в обратен направление при първия удар е 0.45 m/s, а при втория удар – 0.17 m/s, което показва, че при всеки удар част от енергията се разсейва поради дисипативните свойства на буфера – фиг.4 б);

- В момента на удара ускорението по координата x_1 достига 9.07 m/s^2 независимо от височината на товара, а последващите амплитуди на ускорението са по-големи при по-високо разположения товар – фиг.4 в). Подобна закономерност се наблюдава и в графиката на ъгъла на завъртане φ_2 , като разлюляването е неколнократно по-високо при по-високо разположения товар – фиг.4 г);

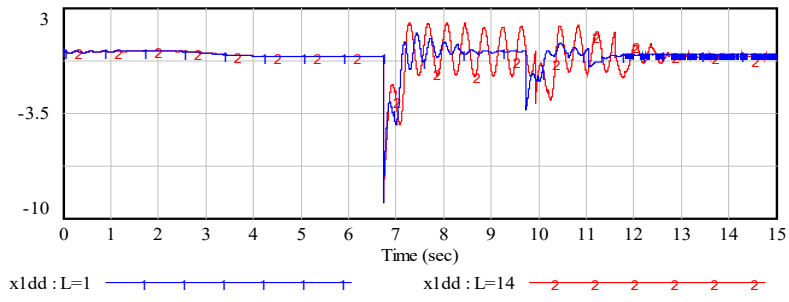
- Аналогичен характер имат графиките за случая на удар при не работещ двигател, за който е характерен само един удар с последващо връщане назад по релсовия път и спиране, като от фазовата траектория на фиг.5 г) се вижда, че системата има неутрална устойчивост.



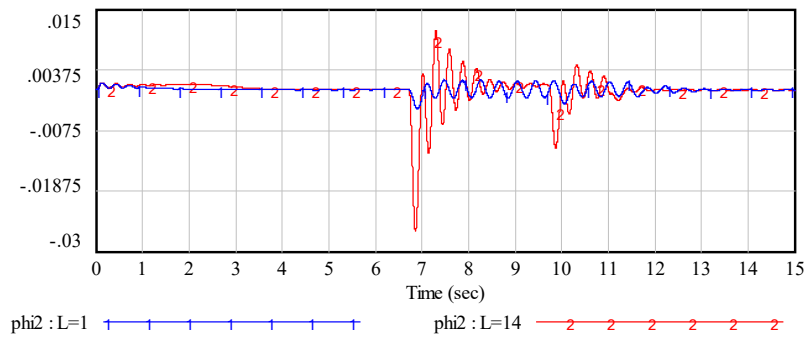
а) преместване по координата x_1 , m



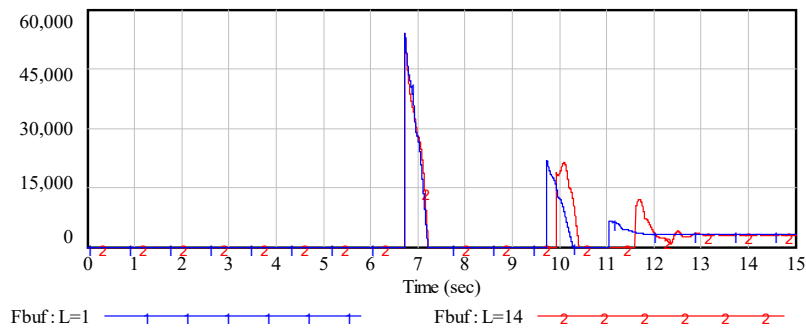
б) скорост по координата x_1 , m/s



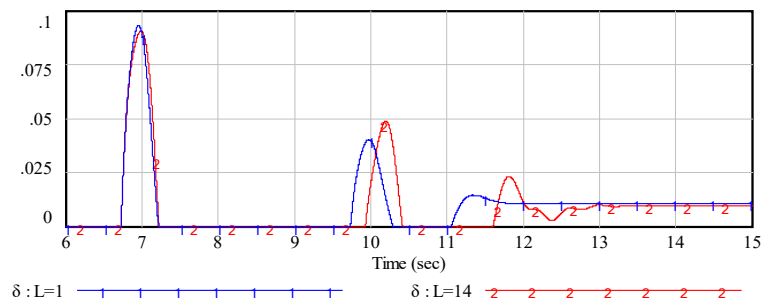
в) ускорение по координата x_1 , m/s^2



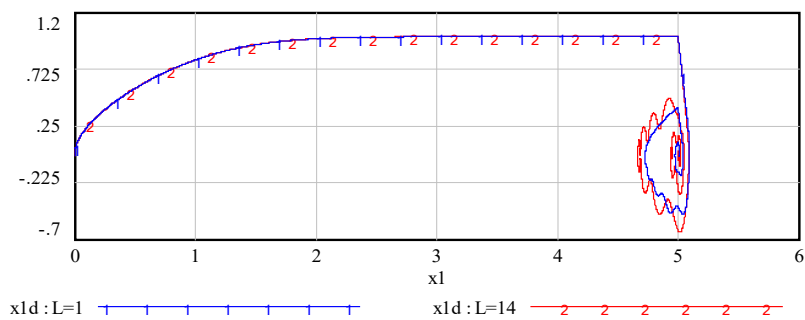
г) ъгъл на завъртане по φ_2 , rad



д) сила в буфера F_{buf} , N

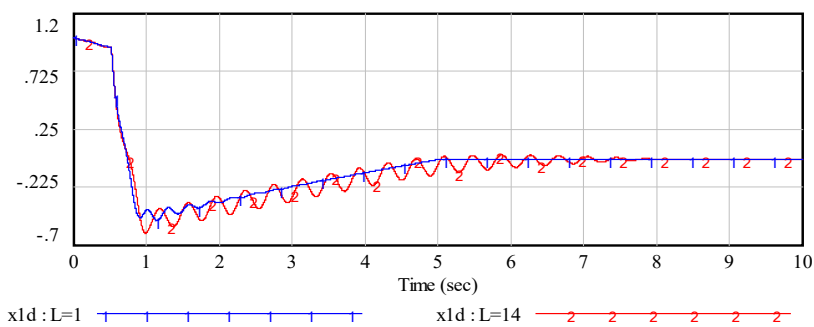


е) деформация на буфера δ , m

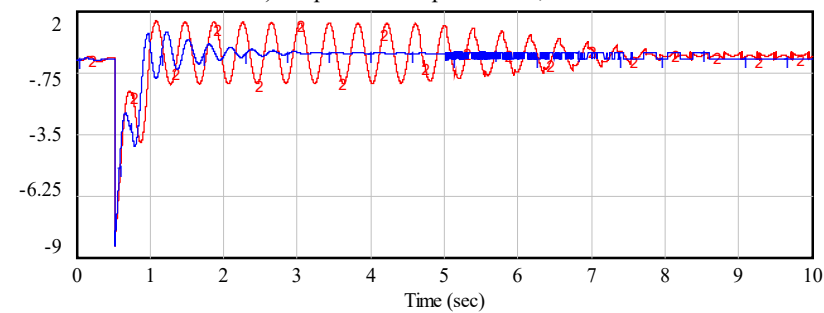


ж) фазова траектория $\dot{x}_1(x_1)$

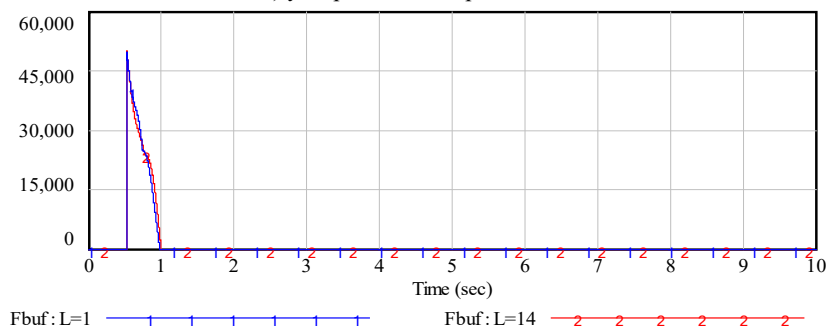
фиг.4 Характеристики на механичната система при удар в буфер при работещ двигател



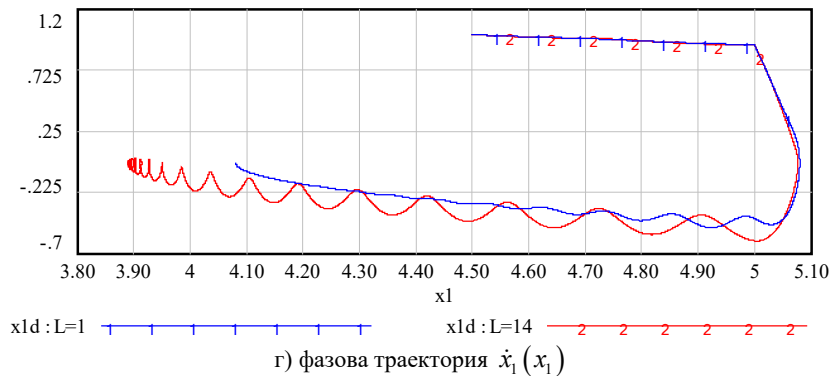
а) скорост по координата x_1 , m/s



б) ускорение по координата x_1 , m/s²



в) сила в буфера F_{buf} , N



фиг.5 Характеристики на механичната система при удар в буфер при не работещ двигател

4. ИЗВОДИ

Разработеният математически модел на роботизиран строителен манипулатор с твърдо закрепен товар при удар в буфер отразява основните особености на динамичното му поведение и е подходящ за изследване на силовите и кинематичните характеристики на взаимодействието между машината и буфера. Моделът позволява да се прогнозира динамичното поведение както на динамичното поведение на РСМ (амплитудите на разлюляване на колоната, скоростите и ускоренията), така и на характеристиките на буфера (възникващи сили и деформации).

Литература:

1. **Александров М.** Подъемно-транспортные машины. Москва, Высшая школа, 1985.
2. **Иванова М.** Математичен модел на строителен манипулатор извършващ хоризонтално праволинейно движение. САХ technologies, брой 6, декември 2018 г., Издателство на Технически университет – София, стр. 11 – 25, ISSN 1314 – 9626.
3. **Казак С.** Динамика мостовых кранов. Расчет нагрузок при переходных режимах. Москва, Машиностроение, 1968.
4. **Калинков С.** Изследване на електронни системи за трансманипулатори. Дисертация за присъждане на образователна и научна степен доктор. ТУ-София, 2011
5. **Калинков С., Митрев Р., Ружеков Г.** Симуляционно моделиране и изследване на трансманипулатор с управляемо задвижване. Механика на машините, бр. 82, година XVII, книга 5, 2009, стр. 71-78.
6. **Кръстева А., Калинков С., Ружеков Г., Митрев Р.** Автоматизирани складови и обработващи системи. Разработване на модели на механичната и електронната системи. Отчет по договор Договор № 4122М-03/2007.

НИС при ТУ-София, 2008.

7. **Митрев Р., Калинков С., Ружеков Г.** Механо-математично моделиране на хоризонталното движение на трансманипулатор с неуправляемо задвижване. Българско списание за инженерно проектиране, бр. 1, декември 2008 г.
8. **Митрев Р., Панов В., Иванова М.** Математическо моделиране на надлъжното движение на роботизиран строителен манипулатор. Механика на Машините, книга 125(1), 2021, ISSN 0861-9727, стр. 67-74
9. **Митрев Р., Григоров Б., Минин И.** Математическо моделиране на динамичното поведение на транспортно средство със свободно окачен товар при удар в буфер. Българско списание за инженерно проектиране. бр. 28, януари 2016г, ISSN 1313-7530, стр. 49-57.
10. **Пенков Б., Митев Н.** Върху удара между две тела. Българско списание за инженерно проектиране, бр.1, 2008, стр. 17-23
11. **Craig J.** Introduction to robotics. Mechanics and control. Third edition, Pearson, 2005.
12. **EN 1991-3. Eurocode 1** - Actions on structures - Part 3: Actions induced by cranes and machinery, 2006.
13. **Haas T.N.** Numerical (FEA) Evaluation of Crane End Buffer Impact Forces. Ph.D dissertation, University of Stellenbosch, Matieland, South Africa, 2007.
14. **SANS 10160-6:2010** Basis of structural design and actions for buildings and industrial structures Part 6: Actions induced by cranes and machinery, 2010.
15. **Taylor D.** Design and selection criteria for the hydraulic crane buffer. Presented at the A.I.S.E. Rolling Mill Conference, 1978.
16. **Rabey V.** The Study of a Stress-Strain State of Bridge Cranes' Metal Constructions in the Process of a Collision with the End Stops. FME Transactions (2013) 41, 195-201.
17. **Колева Д.** Приложение на съвременни Web технологии в инженерната дейност и E-learning. Дисертация за придобиване на образователна и научна степен „доктор“. Технически Университет - София, 2016.

MODELING OF THE IMPACT OF ROBOTIC CONSTRUCTION MANIPULATOR IN A BUFFER STOP

Rosen MITREV¹ Miroslava IVANOVA³ Vesko PANOV²

^{1,3} Logistics Engineering, Material Handling and Construction Machines, Mechanical Engineering Faculty,
Technical University of Sofia

¹e-mail: rosenm@tu-sofia.bg, ³e-mail: vpanov@tu-sofia.bg

² Mathematical Analysis and Differential Equations, Faculty of Applied Mathematics and Informatics
Technical University of Sofia; e-mail: mj_ivanova@tu-sofia.bg

Abstract: The study is devoted to the mathematical modeling of an impact in a buffer stop of a robotic construction manipulator (RCM) with linear kinematic structure, performing longitudinal motion. A dynamic model has been developed for representation of the impact in a buffer stop. The buffer stop is represented as an element with elastic and dissipative properties. A numerical solution of the system of differential equations has been performed and the results for two cases have been analyzed – the motor of the machine runs before, during and after the impact in the buffer stop; the motor is switched off and the movement before and after the impact is performed under the influence of inertial and resistance forces, and the behavior of the system in both cases is analyzed.

Keywords: mathematical model, impact in a buffer stop

ТЕОРИЯТА НА ГЕЩАЛТ В ПРАКТИКАТА НА ДИЗАЙНА

София АНГЕЛОВА

катедра „Инженерен дизайн“, Технически университет – София, България
e-mail: sna@tu-sofia.bg

Резюме: Смесовата същност на дизайна се съдържа в информацията, която даден продукт ще предаде на своите потребители. Този аспект от дизайнерската работа би могъл да се нарече *комуникация на смисъл* и е най-очевидно изявен в информационния и графичния дизайн. Там крайният резултат може да бъде един логотип, а доколко той ще бъде оценен положително от целевата аудитория, освен от някои субективни фактори, зависи от обективната диспозиция на човешкото възприятие, частично описана и чрез принципите на *гещалт*. В този доклад след кратък преглед на теоретичната рамка на гещалт са представени и коментирани конкретни примери, свързани с приложението на теорията на гещалт в практиката на графичния дизайн.

Ключови думи: принципи на гещалт, логотип, графичен дизайн

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Немската дума за дизайн *Gestaltung* се съдържа в названието „Hochschule für Gestaltung“ на Висшето училище по строителство и дизайн Баухаус в Десау. В превод от немски език понятието *Gestaltung* означава *оформяне, даване, изграждане на форма, конструиране*. От друга страна, в превод от английски език думата *design*, наред с други свои значения, има и това на *замисъл*. Сякаш това предопределя един своеобразен вектор на дизайна „*мисъл – замисъл – смисъл*“ с начална точка първоначално хрумналата идея, дължина, отговаряща на процеса на оформяне на идеята, тоест проектиране и посока, определена от крайния дизайнерски продукт. Така в наши дни достигаем етап, в който все повече смислеността се превръща в основно качество на продуктите на дизайна като най-красиво проявление на човешката мисъл.

Смесовата даденост на продуктите на дизайн представлява това тяхно свойство, което свързваме със заложения във формата им смисъл. Смесът, от своя страна, по същество представлява определена, съдържаща се във формата информация, която се предава на потребителя. Понякога се налага дизайнерите да изясняват допълнително смисъла на даден продукт чрез описание на дизайнерската концепция, но като цяло, на масово, потребителско ниво, за успешен се смята този продукт, който е достатъчно самоописателен и не се нуждае от експлицитни пояснения.

Голяма част от работата на дизайнерите на практика е свързана с това да създават връзки

между символи, да дефинират и интерпретират концепции чрез подбор и организация на информационни данни. Именно тези концептуални връзки, които представляват същността на визуализацията, предават информация и осъществяват комуникация с потребителите. Затова в смесовата си същност, дизайнът би следвало да се разглежда не само като формата на информацията, а и като информацията, която ни дава формата.

2. СМИСЛЕНОСТ НА ФОРМАТА

Ежедневно пред човешкия мозък стои предизвикателството да обработи огромен обем информация, като се оползотворява само много малка част от нея. Вниманието отговаря за съзнателното възприемане на информацията, като силно се влияе и изменя в реално време от изискванията на извършваната задача, от предходни стимули, от когнитивни, емоционални и мотивационни фактори. Благодарение на селективното внимание, индуктивното мислене и оценката на вероятности човек успява да осмисли света, справяйки се с основния проблем за възприятието - свръхпотока от информация.

Дизайнът на информация и произтичащия от него графичен дизайн предполагат работа със знакови системи. Знаковите системи съдържат конкретни и/или абстрактни обекти (знаци, думи), всеки от които се свързва с определено значение. Смущения във възприемането на информация възникват, когато визуалните стимули са нови или абстрактни. Степента на трудност при интерпре-

тирането на знаците зависи от нивото на абстрактност на формата, като при абстракция на високо ниво значението на знака остава или неразбрано, или напълно произволно интерпретирано. Затова намирането на подходящи знаци за абстрактните концепти е трудно както от семантична, така и от синтактична гледна точка.

Съответствието между обекта, който се представя (означаемо) и формата на представяне (означаващо), която се ползва се нарича директно асоцииране или *мапинг (mapping)* [4]. Подходът на директно асоцииране (мапинг) се прилага във функционалната графика и дизайна на потребителските интерфейси, където голяма част от пиктограмите или иконите например наподобяват реални обекти. В същото време в дизайна на логотипове и други продукти на визуалната комуникация не е необходимо мапингът да бъде толкова стриктен.

Най-често към изследването на смисъла на графични изображения се подхожда емпирично, тъй като е трудно да бъде дефинирано обобщено качество за смисленост на графичните знаци. Ползват се бази данни, подобни на семантичната мрежа WordNet, за да се определят коефициенти на свързаност в значенията на графични знаци и за да се синтезира обобщен критерий за смисленост. Освен смислеността, като критерии за оценка на графичните знаци се въвеждат също така трудните за измерване: общо впечатление (добро-лошо), яснота (ясно-неясно), познатост (познато-непознато) и хармоничност (хармонично-нехармонично въздействие). За целта се провеждат тестове, оценяващи конкретни графични знаци със статистически представителна извадка от бъдещата аудитория; в подобни тестове техническо съдействие оказва и авторът на настоящия доклад [3].

2.1 Теория на Гешалт

Теорията на *гешалт* се заражда, когато започва задълбоченото изследване на човешкия мозък и по-конкретно обработването на информационните данни, които постъпват чрез сетивата. Тогава се появява и основното схващане за *гешалт*, а именно, че човешкият мозък е склонен да възприема заобикалящите го обекти като части от по-голямо цяло. Гешалт (от немската дума Gestalt [gə-ˈstält] - цялост, форма, конфигурация, свързаност на елементи и др.) е централното понятие, което означава

цялостност на възприеманите образи, която не може да бъде сведена до механичния сбор от усещанията. Психолозите на Гешалт намират доказателства, че възприемането на заобикалящите ни обекти като организирани модели представлява естествен, вроден процес, предопределен от нашата природа. Изследванията постепенно показват, че човешкият интелект е предразположен да търси смисъл, да възприема систематично организирана информация и да формира самоорганизиращи се ментални модели с различен обхват [1]. Днес знаем, че способността на човека да интерпретира смисъла на обекти и сцени от заобикалящия го свят се основава на вродени организационни принципи, известни като *принципи на гешалт*.

2.2 Гешалт в дизайна на информация

Гешалт-психологията предлага подход за декомпозиране на изображенията на отделни лесно-различими единици. По този начин като базови се дефинират две понятия – обект и фон.

Обектът, наричан също *фигура (figure)* се характеризира с:

- относително малък размер (*smallness*);
- ясни контури;
- обграденост (*surroundedness*), тоест той е отделен от останалата част на изображението, която наричаме *фон*.

Фонът (background), от своя страна, е с по-голям размер и склонност да обгражда обекта или група от обекти. С помощта на понятията *фигура* и *фон* и взаимоотношенията, които възникват между тях са изведени и *принципите на гешалт*, които описват съществени аспекти от процеса на възприемане на визуална и други видове информация.

По-долу ще припомним накратко някои от *принципите на гешалт*, които отразяват споменатите взаимоотношения *фигура-фон*.

Принципът *центриране* ни казва, че във всеки отделен момент вниманието на зрителя е в състояние да се съсредоточи върху един единствен обект, като всичко останало от изображението служи за фон.

Прецентриране се нарича пренасочването на вниманието от един обект на друг. Този принцип може да се демонстрира най-ярко и реално да се усети при наблюдение на така наречените двойствени образи – при тях, съзнателно или не, се

постига оптично изравняване на площите на фигурата и фона (фиг. 1).



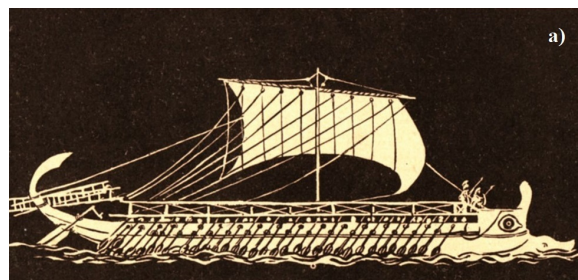
фиг.1 Графикатурата на акад. Иван Газдов [2,7]

Преганитност (Prägnanz, от немски, стегнатост, сбитост, изразителна краткост) е тенденцията към възприемане на „логични“ форми, максимално опростени и по тази причина устойчиви. В тази връзка говорим за **затварянето на гещалта**, което отразява тенденцията липсващите елементи от възприеманото цяло да бъдат запълнени с цел то да добие своята завършеност. Човешкият мозък работи с алгоритми, чрез които „запълва или достроява гещалта“, на базата на своя предварителен опит, а в по-общ смисъл това е характерно за творческото мислене, което генерира нови идеи, стъпвайки на интуицията.

2.3 Примери за проявления на Гещалт в дизайна на логотип

Приложението на принципите на гещалт в дизайна на графични изображения може да се илюстрира с конкретни реални примери. Ще се спрем на подходящ образец на логотип, който допреди няколко години беше познат сред визуалните стимули от ежедневието на българите в по-големите градове. Става въпрос за логото на „Банка Пиреос“, която присъства активно на българския пазар от 1993г. до 18 ноември 2019г., когато е закрыта, след оперативното обединение с Пощенска банка. Случаят е подходящ за анализ и поради факта, че към днешния момент логото, което ще коментираме вече не е действащо.

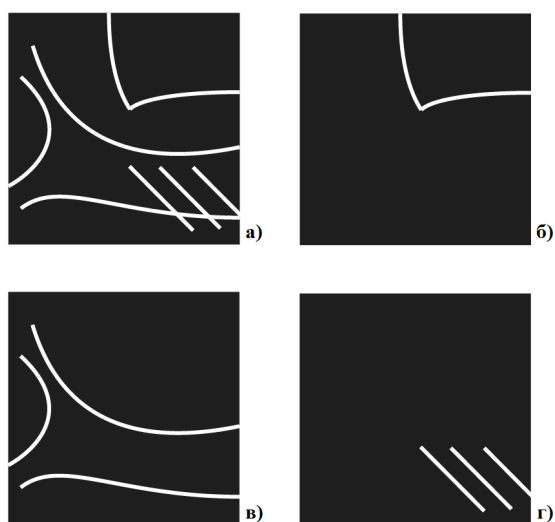
Разпознаването на изобразеното на логото се оказва трудна задача за почти всички представители на широката аудитория в България, които интерпретират логото по множество и разнообразни начини. Едва след въвеждането на конкретния контекст - „Атинското пристанище Пирея“ някои от наблюдателите успяват да разпознаят части от кораб (фиг. 1) [5]. Това показва как контекстуалната обусловеност на визуалната информация е пряко свързана с конструкцията на възприятието.



фиг.2 Древногръцка триера а) [6], типа кораби, вдъхновили логотипа на Банка Пиреос

За целите на по-ясното представяне на принципите на гещалт и на по-лаконичния изказ, изображението от оригиналното лого на „Банка Пиреос“ (фиг.2б) е представено опростено чрез бели шрихи на тъмен фон (фиг.2в и фиг.3). По този начин на практика се потвърждават графично основните фактори, които благоприятстват формирането на гещалта.

Показаният на фиг.3 логотип е пример за изображение, преминало през смела стилизация и стигнало до такова ниво на абстрактност, което не оставя много подсказващи елементи на зрителя. Няма колебание по отношение на определянето на обектите и фона – тук, както е по дефиниция, контрастът е висок, светлите шрихи на обектите са с достатъчно малка площ в сравнение с площта на тъмния фон.



фиг.3 Декомпозиция на логотипа на банка Пиреос

Но процесът на разпознаване на образ е силно затруднен заради разпокъсаните и разпилени обект или компоненти на обекта – контури има, но те не са затворени. Опитвайки се „да затвори гещалта“ погледът търси, но не намира цялост.

В този случай е нарушен *принципът за затвореност (Closure)* – тенденцията отделни обекти да се групират във фигури, на базата на което да се случи възприемане на непълна фигура като цяла. Липсващата част, която би трябвало да бъде мислено запълнена се оказва твърде голяма, за да може контурите на фигурата да се възприемат като затворени (фиг.3а и 3в). Нарушен се оказва и *принципът за непрекъснатост (Continuity)*, при който се очаква въображението на зрителя да „дорисува“ обектите, които образуват линии, така че да намерят логично/оптимално продължение във възприемания обект (фиг.3в). От всички контури, тези, които следва да образуват силуета на лодка стоят разпокъсани и с нищо не подсказват въпросното „дорисуване“.

Близкостоящите обекти образуват групи – това са трите щрихи на греблата - те изглеждат групирани, и това групиране на обекти по близост, известно като *принцип за близост (Proximity)* е спазено (фиг.3г). Обектите, които са подобни по някой от критериите форма, размер, цвят и т.н. се контекстуализират взаимно и се възприемат като принадлежащи на едно множество – това групи-

ране на обекти по подобие също е спазено - *принципът за подобност (Similarity)* (фиг.3г).

Интересно е да коментираме и посоката на греблата, както съответно предполагаемата посока на движение на кораба. Неподготвеният наблюдател остава с впечатлението, че вижда носа на кораба в движение наляво, което не се асоциира с напредък и реално не е замисълът на това лого [8]. Разбира се, логотипът на Банка Пиреос може да се възприема и като зрителна загадка, тъй като в масовия случай остава неразпознаваем и във вида на абстрактна графика. В професионалните среди остава спорът доколко действащият в момента абстрактно-минималистичен редизайнът на логото е по-сполучлив (фиг.4). Също така, остава и въпросът доколко смислено би трябвало да бъде едно лого, тъй като при по-абстрактните варианти аудиторията е изправена през информацията на формата и лишена от контекстуално обусловената форма на информацията.



фиг.4 Настоящият логотип на Банка Пиреос, редизайн на MNP Athens [9]

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За разлика от функционалната графика, дизайнът на лого и идентичност предполага по-голяма свобода и позволява по-голям диапазон от творчески интерпретации, дори и импровизации. Причината е, че изобразяваната информация често е не така конкретна и с по-високо ниво на абстрактност. Това води и до безкрайните спорове дали едно лого е успешно или не, както и до трудността в дефинирането на достатъчно обективни критерии и въвеждането на измерими параметри, чрез които да може да се докаже, че въпросното лого е адекватно на контекста, задачите и потребителите си.

С няколко примера показахме как теорията на Гещалт дава известна възможност за обективизиран анализ на качествата на визуалната информа-

ция, представена под формата на графични изображения.

Литература

1. **Георгиева Б.**, Същност и видове симетрии в аспекта на Обща теория на системите и приложението им в инженерния дизайн. Българско списание за инженерно проектиране, брой 18, април 2013, ISSN 1313–7530, стр.37–44
2. **Петков П.**, Черно сияние, За графикатурата на Иван Газдов. София, Сиела, 2015.
3. **Georgiev G. V., Nagai Y., Taura T.** Method of Design Evaluation Focused on Relations of Meanings for a Successful Design. International Design Conference DESIGN 2008, Dubrovnik - Croatia, May 19 - 22, 20084. **Mullet K., Sano D.** Designing Visual Interfaces, Communication Ori-

ented Techniques. SunSoft Press A Prentice Hall Title, 1995, pp. 225, 273.

5. Военни и търговски кораби на гръцкия флот, <https://kerchtt.ru/bg/kak-obustroit-voennye-i-torgovye-korabli-grechskii-flot-klassicheskoi-grecii-vydayushchiesya-otkrutiya-d>, посетен на 4.07.2021 г.
6. Древногръцки флот, <http://zamoreto.com/drevnogrydski-flot>, посетен на 4.07.2021 г.
7. На личния остров или мистерията „Графикатура“, <http://art.blog.libvar.bg/na-lichniya-ostrov-ili-misteriyata-grafikatura/>, посетен на 2.07.2021 г.
8. +Design, <https://designmag.gr/piraeus-bank-nu>, посетен на 29.06.2021г.
9. MNP, Graphic design studio based in Athens, <http://www.mnpdesign.gr/piraeus-bank-annual-report-2017.html>, посетен на 29.06.2021г.

GESTALT THEORY IN DESIGN PRACTICE

Sofia ANGUELOVA

Department of Engineering Design, Technical University–Sofia, Bulgaria

e-mail: sna@tu-sofia.bg

Abstract: The semantic essence of design is contained in the information that a product will convey to its users. This aspect of design work could be called *communication of meaning* and is most evident in information and graphic design. There, the end result can be a logotype, and the extent to which this logotype is positively assessed by the target audience, apart from some subjective factors, depends on the objective disposition of human perception, partially described by Gestalt principles. After a brief review of the theoretical Gestalt framework, specific examples related to the application of Gestalt theory in the practice of graphic design are presented and commented.

Keywords: Gestalt principles, logotype, graphic design

ОТНОСНО ЗАДАЧАТА ЗА НАМИРАНЕ НА ЧЕТИРИ СЪОТВЕТСТВАЩИ ТОЧКИ, ЛЕЖАЩА НА ОКРЪЖНОСТ СЪС ЗАДАДЕН РАДИУС

Николай НИКОЛОВ

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

e-mail: nickn@tu-sofia.bg

Резюме: Настоящата работа е посветена на задачата за намиране на четири съответстващи точки, лежащи на окръжност със зададен радиус. За целта е направена връзка между кривите R и R_M и кривите на Бурместер. Представен е илюстративен числен пример.

Ключови думи: R -криви, R_M -криви, криви на кръговите точки, криви на центровите точки.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Една от интересните задачи при синтеза на механизми е намирането на положението на съответстващи точки, лежащи върху окръжност с предварително зададен радиус. При зададени три положения на подвижна координатна система в абсолютната координатна система, всяка точка в подвижната координатна система дефинира еднозначно окръжност. Когато радиусът на окръжността е зададен предварително, задачата се свежда до определяне на точките от подвижната равнина, които лежат в неподвижната координатна система върху окръжност със зададения радиус. Точките от подвижната координатна система, които удовлетворяват цитираното условие, дефинират т. нар. R -криви [2] – геометричното място от точки в първото, второто и третото положение на подвижната координатна система представлява т. нар. съответно R^1 -, R^2 - и R^3 - крива (които са конгруентни), а геометричното място на центровете на съответните окръжности в неподвижната координатна система представлява т. нар. R_M -крива [2].

В настоящата работа ще бъде разгледана представящата от практически интерес задача за намиране четири съответстващи точки, лежаща на окръжност със зададен радиус, като за целта ще бъде направена връзка между кривите R и R_M и кривите на Бурместер [1] – крива на кръговите точки кръговите точки δ и крива на центровите точки γ . С цел онагледяване на резултатите ще бъде представен илюстративен числен пример.

2. СЪЩНОСТ НА ПОДХОДА

Нека са зададени четири положения на подвижната равнина в неподвижната координатна

система. Търсим тези точки от подвижната равнина, които в съответните си положения в неподвижната координатна система лежат на окръжност със зададен радиус.

Нека изберем произволно три от четирите положения на подвижната равнина. Точките от подвижната равнина, които в съответните си положения в неподвижната координатна система лежат на окръжност със зададен радиус, определят в трите положения на подвижната равнина т. нар. R -криви, които са конгруентни, а геометричното място на центровете на съответните окръжности в неподвижната равнина представлява т. нар. R_M -крива [2].

Същевременно, съответните точки от четирите положения на подвижната равнина, които в неподвижната равнина лежат на една окръжност, определят в четирите положения на подвижната равнина т. нар. криви на кръговите точки δ , които са конгруентни, а геометричното място на центровете на съответните окръжности в неподвижната равнина представлява т. нар. крива на центровите точки γ [1].

В резултат на това лесно се стига до извода, че задачата за намиране на четири съответстващи точки, лежаща на окръжност със зададен радиус, може да бъде решена чрез намиране на пресечните точки на съответните R -крива и крива на кръговите точки, а центровете на съответните окръжности – чрез намиране на пресечните точки на R_M -кривата и кривата на центровите точки.

Направените до тук разсъждения и изводи ще бъдат илюстрирани посредством изложения по-долу числен пример, в който при зададени четири положения на подвижната равнина и радиус на окръжността R се намира търсеното решение.

3. ЧИСЛЕН ПРИМЕР

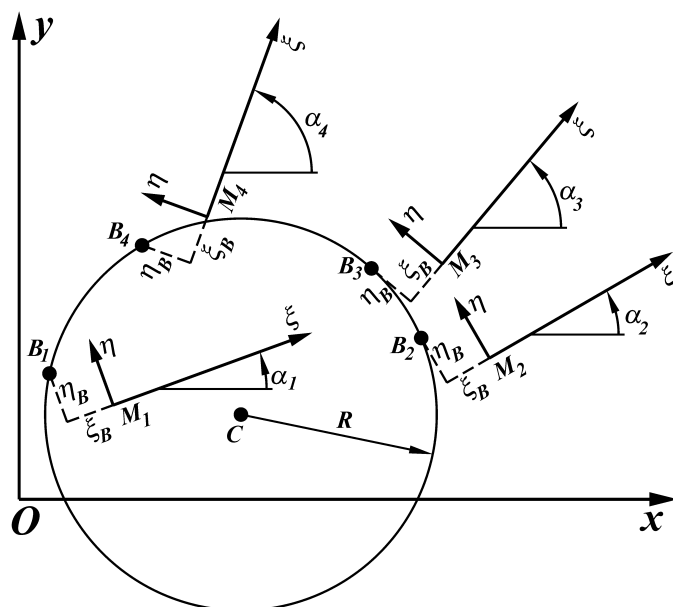
Зададени са четири положения (фиг.1) на подвижната координатна система $M\xi\eta$ посредством координатите на точка M и ъгъла α :

$$x_{M_1} = 0 \text{ mm}, y_{M_1} = 0 \text{ mm}, \alpha_1 = 0^\circ;$$

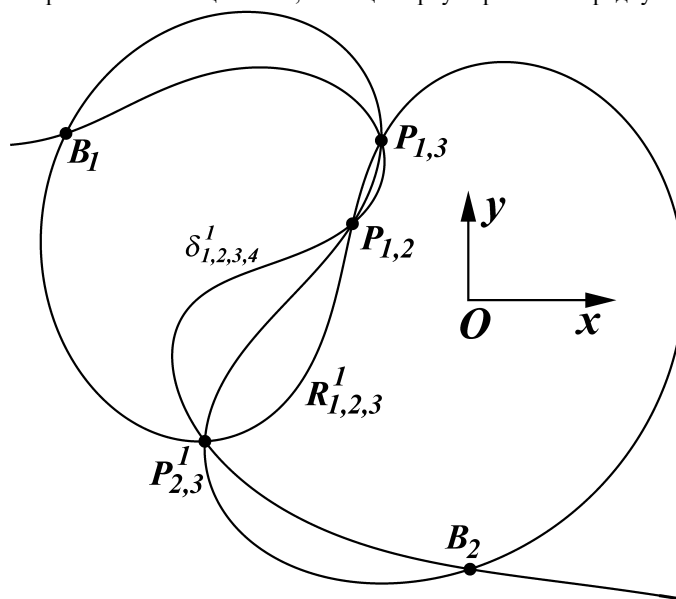
$$x_{M_2} = 20 \text{ mm}, y_{M_2} = 60 \text{ mm}, \alpha_2 = 30^\circ;$$

$$x_{M_3} = 48 \text{ mm}, y_{M_3} = 40 \text{ mm}, \alpha_3 = 22.5^\circ;$$

$$x_{M_4} = 52 \text{ mm}, y_{M_4} = 95 \text{ mm}, \alpha_4 = 20^\circ.$$



Фиг.1 Четири положения на подвижната координатна система $M\xi\eta$ в абсолютната координатна система Oxy и четири съответстващи точки, лежащи върху окръжност с радиус R



Фиг.2 Кривите $R_{1,2,3}^1$ и $\delta_{1,2,3,4}^1$ от числения пример

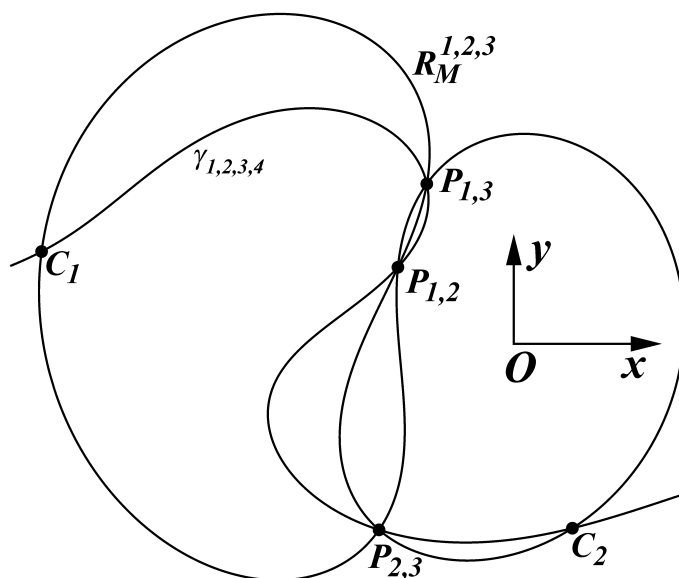
Да се намерят съответстващите точки от подвижната равнина, които в неподвижната равнина лежат върху окръжност с радиус $R = 90\text{ mm}$.

На фиг.2 са построени: R-кривата $R_{1,2,3}^1$ – геометричното място от точки в първото положение на подвижната координатна система (съвпадащо с неподвижната координатна система), за които съответните им точки от второто и третото положение на подвижната координатна система лежат в

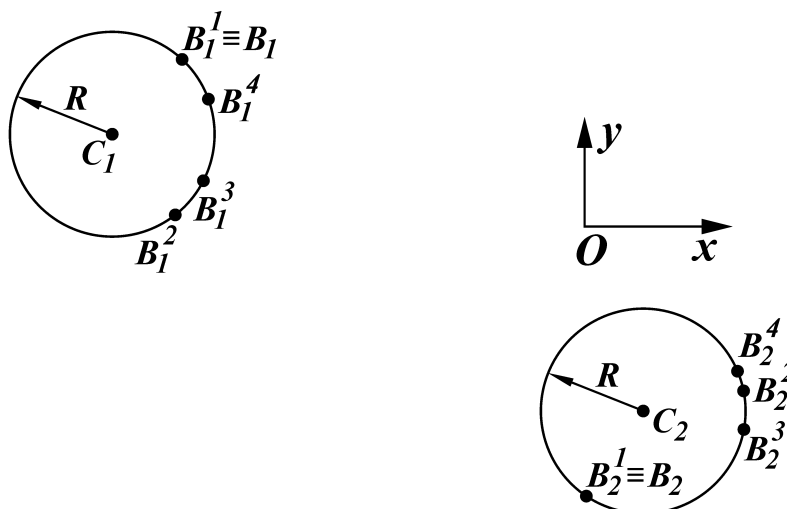
неподвижната координатна система върху окръжност със зададения радиус $R = 90\text{ mm}$; $\delta_{1,2,3,4}^1$ – кривата на кръговите точки в първото положение на подвижната координатна система.

Тъй като полюсите $P_{1,2}$, $P_{1,3}$ и $P_{2,3}^1$ не представляват решение на задачата, остават като решения съответно:

$$\xi_{B_1} = x_{B_1} = -353.978\text{ mm},$$



фиг.3 Кривите $R_M^{1,2,3}$ и $\gamma_{1,2,3,4}$ от числения пример



фиг.4 Четирите двойки съответстващи точки и центровете на двете окръжности от числения пример

$$\eta_{B_1} = y_{B_1} = 146.894 \text{ mm};$$

$$\xi_{B_2} = x_{B_2} = 1.488 \text{ mm},$$

$$\eta_{B_2} = y_{B_2} = -236.971 \text{ mm}.$$

На фиг.3 са построени: кривата $R_M^{1,2,3}$ – геометричното място в неподвижната координатна система на центровете на окръжности със зададения радиус $R = 90 \text{ mm}$, върху които лежат съответните точки от $R_{1,2,3}^1$ -кривата; $\gamma_{1,2,3,4}$ – кривата на центровете точки в неподвижната координатна система.

Тъй като полюсите $P_{1,2}$, $P_{1,3}$ и $P_{2,3}$ не представяват решение на задачата, остават като решения съответно:

$$x_{C_1} = -415.425 \text{ mm}, \quad y_{C_1} = 81.135 \text{ mm};$$

$$x_{C_2} = 51.529 \text{ mm}, \quad y_{C_2} = -162.166 \text{ mm}.$$

На фиг.4, на базата на полученото решение, са построени четирите двойки съответстващи точки и центровете на двете окръжности.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящата работа е разгледана задачата за намиране на четири съответстващи точки, лежащи на окръжност със зададен радиус. За целта е направена връзка между кривите R и R_M и кривите на Бурместер. Представен е илюстративен числен пример.

Благодарности

Това изследване е осъществено с помощта на Европейския фонд за регионално развитие по оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж 2014 – 2020 г.“ и „Национален център по мехатроника и чисти технологии“ към Център за върхови постижения BG05M2OP001-1.001-0008-C01.

Литература

1. Геронимус, Я. Л. Геометрический аппарат теории синтеза плоских механизмов. Москва, Физматгиз, 1962, 400 с.
2. Beyer, R. Kinematische Getriebesynthese. Berlin, Springer-Verlag, 1953.

ON THE FINDING OF FOUR CORRESPONDING POINTS LYING ON A CIRCLE WITH A SET RADIUS

Nikolay NIKOLOV

Department „Theory of Mechanisms and Machines”, Technical University of Sofia, Bulgaria

e-mail: nickn@tu-sofia.bg

Abstract: The present work is devoted to the problem of finding four corresponding points lying on a circle of given radius. For this purpose, a connection is made between the curves R and R_M and the Burmester curves. An illustrative numerical example is presented.

Key words: R-curves, R_M -curves, Burmester curves.

ОТНОСНО ЗАДАЧАТА ЗА НАМИРАНЕ НА ЧЕТИРИ СЪОТВЕТСТВАЩИ ТОЧКИ, ЛЕЖАЩА НА ЕДНА ПРАВА

Николай НИКОЛОВ

катедра „Теория на механизмите и машините“, Технически университет – София, България

e-mail: nickn@tu-sofia.bg

Резюме: Настоящата работа е посветена на задачата за намиране на четири съответстващи точки, лежащи на една права. Представен е илюстративен числен пример.

Ключови думи: дискретни положения, съответстващи точки.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

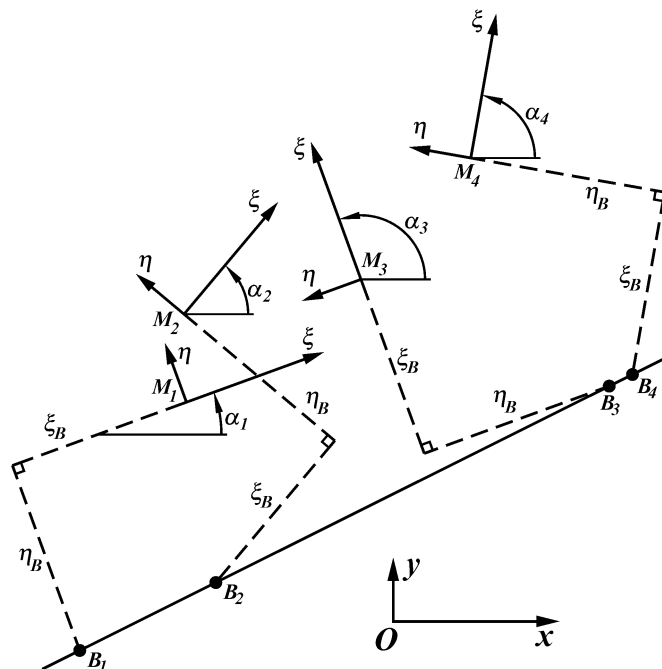
Една от интересните задачи при синтеза на механизми е намирането на положението на съответстващи точки, лежащи върху една права. При зададени три положения на подвижна координатна система (положения 1, 2 и 3) в абсолютната координатна система, решение на задачата представляват точките от подвижната координатна система, лежащи върху окръжност, минаваща през полюсите $P_{1,2}$, $P_{1,3}$ и $P_{2,3}$ [1].

В настоящата работа ще бъде разгледана пред-

ставяващата от практически интерес задача за намиране четири съответстващи точки, лежаща на една права, като с цел онагледяване на резултатите ще бъде представен илюстративен числен пример.

2. СЪЩНОСТ НА ПОДХОДА

Нека са зададени четири положения на подвижната равнина в неподвижната координатна система. Търсим тези точки от подвижната равнина, които в съответните си положения в неподвижната координатна система лежат на една права (фиг.1).



фиг.1 Четири положения на подвижната координатна система $M\xi\eta$ в абсолютната координатна система Oxy и четири съответстващи точки, лежащи на една права

При зададени четири положения на подвижната равнина в неподвижната координатна система, възможните комбинации от три положения са общо четири (1,2,3), (1,2,4), (1,3,4) и (2,3,4). В първото положение на подвижната равнина, решение на задачата за намиране на три съответни точки, лежащи на една права [1], са съответно окръжностите: $c_{1,2,3}$ (минаваща през полюсите $P_{1,2}$, $P_{1,3}$ и $P_{2,3}^1$); $c_{1,2,4}$ (минаваща през полюсите $P_{1,2}$, $P_{1,4}$ и $P_{2,4}^1$); $c_{1,3,4}$ (минаваща през полюсите $P_{1,3}$, $P_{1,4}$ и $P_{3,4}^1$) и $c_{2,3,4}$ (минаваща през полюсите $P_{2,3}^1$, $P_{2,4}^1$ и $P_{3,4}^1$).

Естествен подход за намиране на решението на задачата за намирането на четири съответстващи точки, лежаща на една права, е търсенето на обща пресечна точка между окръжностите $c_{1,2,3}$, $c_{1,2,4}$, $c_{1,3,4}$ и $c_{2,3,4}$.

Направените разсъждения ще бъдат илюстрирани посредством изложението по-долу числен пример, в който при зададени четири положения на подвижната равнина се намира търсеното решение за четири съответстващи точки, лежащи на една права.

3. ЧИСЛЕН ПРИМЕР

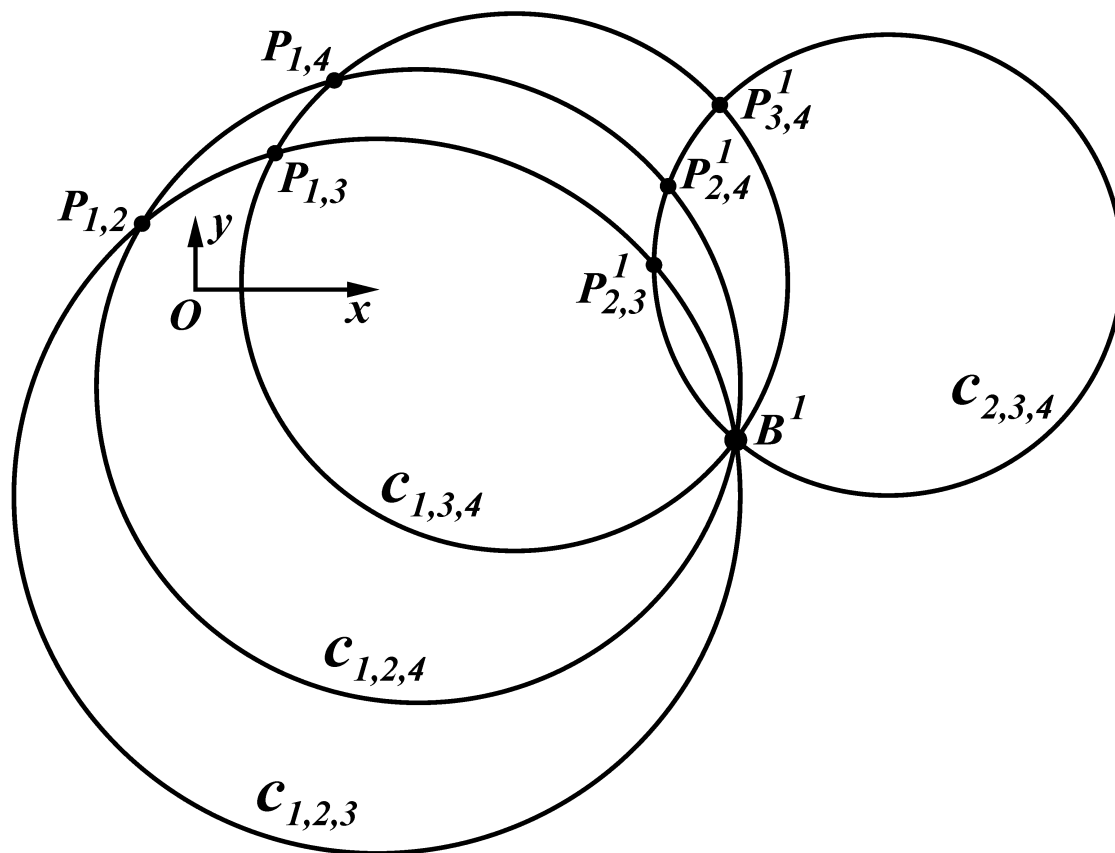
Зададени са четири положения (фиг.1) на подвижната координатна система $M\xi\eta$ посредством координатите на точка M и ъгъла α :

$$x_{M_1} = 0 \text{ mm}, y_{M_1} = 0 \text{ mm}, \alpha_1 = 0^\circ;$$

$$x_{M_2} = 20 \text{ mm}, y_{M_2} = 60 \text{ mm}, \alpha_2 = 66^\circ;$$

$$x_{M_3} = 148 \text{ mm}, y_{M_3} = 40 \text{ mm}, \alpha_3 = 90^\circ;$$

$$x_{M_4} = 262 \text{ mm}, y_{M_4} = 105 \text{ mm}, \alpha_4 = 110^\circ.$$



Фиг.2 Окръжностите $c_{1,2,3}$, $c_{1,2,4}$, $c_{1,3,4}$ и $c_{2,3,4}$ от числения пример

Да се намерят съответстващите точки от подвижната равнина, които в неподвижната равнина лежат върху една права.

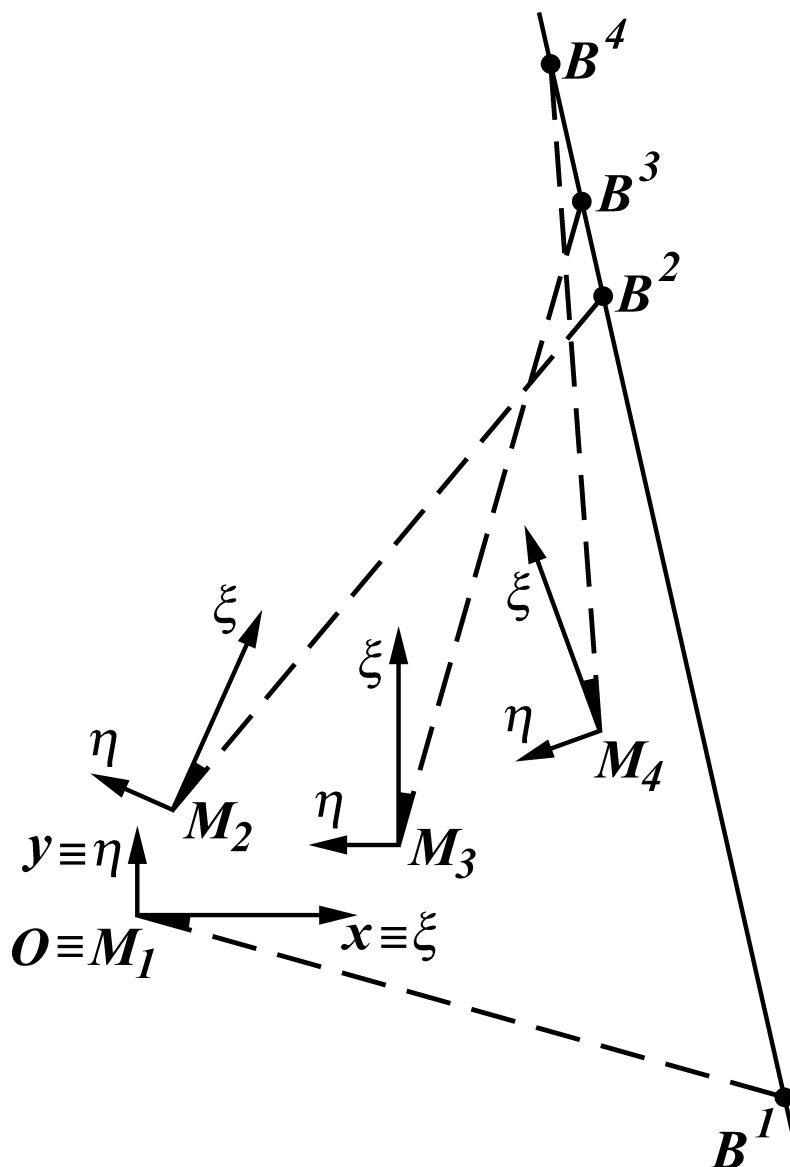
На фиг.2 са построени четирите окръжности $c_{1,2,3}$, $c_{1,2,4}$, $c_{1,3,4}$ и $c_{2,3,4}$ в първото положение на подвижната координатна система (съвпадащо с неподвижната координатна система). Те се пресичат едновременно в точка B^1 (фиг.2) с координати:
 $\xi_{B^1} = x_{B^1} = 366.566 \text{ mm}$,

$$\eta_{B^1} = y_{B^1} = -103.776 \text{ mm}.$$

На фиг.3 са построени четирите съответстващи точки B^1 , B^2 , B^3 и B^4 , лежащи на една права, явяващи се решението на задачата.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящата работа е разгледана задачата за намиране на четири съответстващи точки, лежащи



фиг.3 Четири съответстващи точки, лежащи на една права, от числения пример

на една права. Представен е илюстративен числен пример.

Благодарности

Това изследване е осъществено с помощта на Европейския фонд за регионално развитие по оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж

2014 – 2020 г.“ и „Национален център по мехатроника и чисти технологии“ към Център за върхови постижения BG05M2OP001-1.001-0008-C01.

Литература

1. **Beyer, R.** Kinematische Getriebesynthese. Berlin, Springer-Verlag, 1953.

**ON THE FINDING OF FOUR CORRESPONDING POINTS
LYING ON A STRAIGHT LINE**

Nikolay NIKOLOV

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

Abstract: The present work is devoted to the problem of finding four corresponding points lying on a straight line. An illustrative numerical example is presented.

Key words: discrete positions, corresponding points.

ОТНОСНО ЗАДАЧАТА ЗА НАМИРАНЕ НА ЧЕТИРИ СЪОТВЕТСТВАЩИ ПРАВИ, ПРЕСИЧАЩИ СЕ В ЕДНА ТОЧКА

Николай НИКОЛОВ

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

Резюме: Настоящата работа е посветена на задачата за намиране на четири съответстващи прави, пресичащи се в една точка. Представен е илюстративен числен пример.

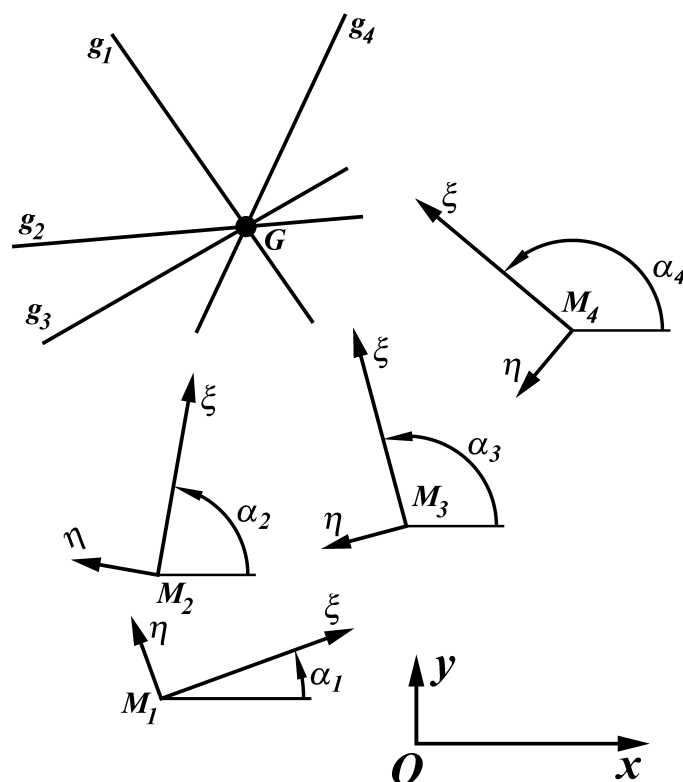
Ключови думи: дискретни положения, съответстващи прави.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Една от интересните задачи при синтеза на механизми е намирането на положението на съответстващи прави, пресичащи се в обща точка. При зададени три положения на подвижна координатна система (положения 1, 2 и 3) в абсолютната координатна система, геометричното място от точки на общата пресечна точка на трите съответстващи

прави представлява окръжност, минаваща през полюсите $P_{1,2}$, $P_{1,3}$ и $P_{2,3}$ [1].

В настоящата работа ще бъде разгледана представящата от практически интерес задача за намиране четири съответстващи прави, пресичащи се в обща точка, като с цел онагледяване на резултатите ще бъде представен илюстративен числен пример.



фиг.1 Четири положения на подвижната координатна система $M\xi\eta$ в абсолютната координатна система Oxy и четири съответстващи прави, пресичащи се в обща точка

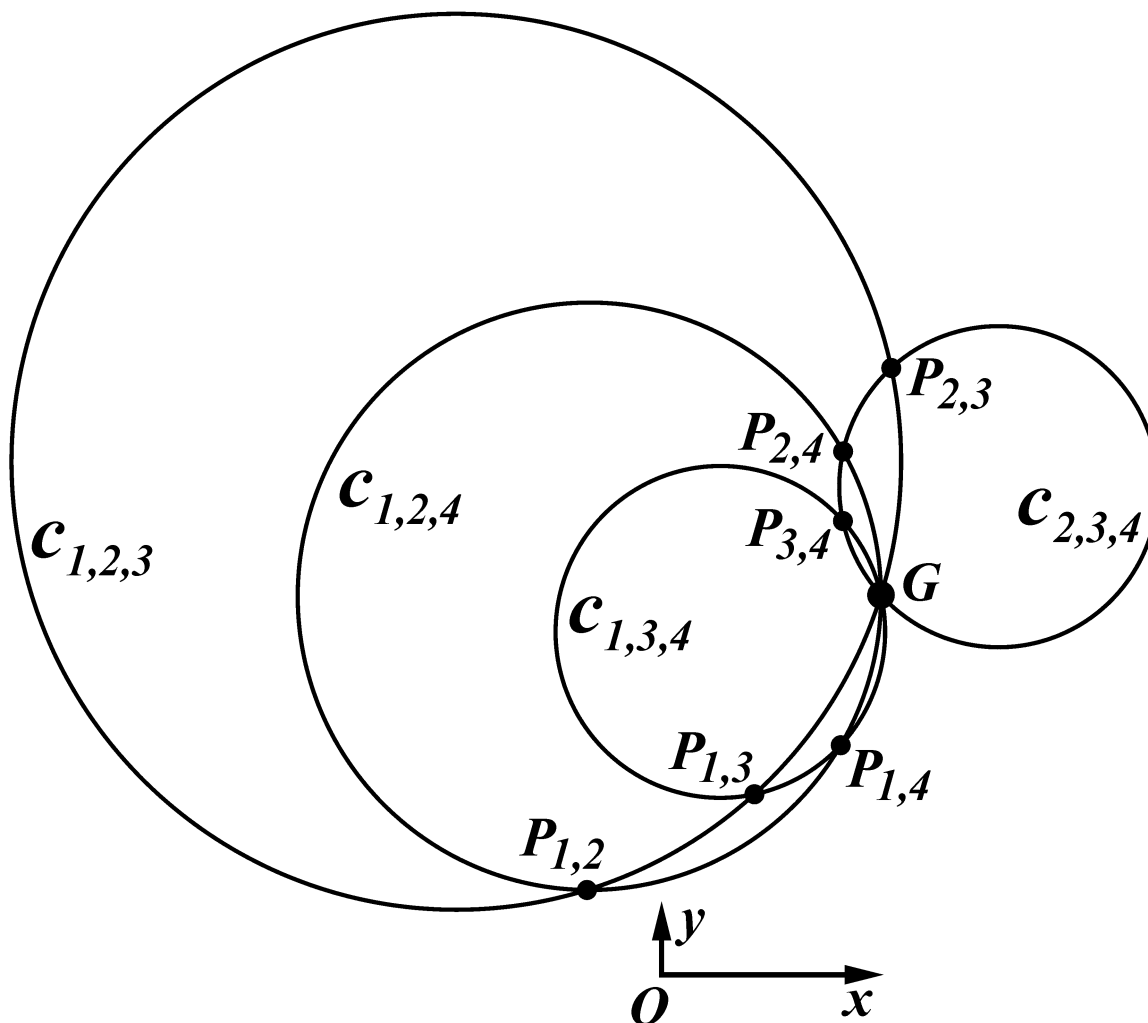
2. СЪЩНОСТ НА ПОДХОДА

Нека са зададени четири положения на подвижната равнина в неподвижната координатна система. Търсим тези прави от подвижната равнина, които в съответните си положения в неподвижната координатна система се пресичат в обща точка (фиг.1).

При зададени четири положения на подвижната равнина в неподвижната координатна система, възможните комбинации от три положения са общо четири (1,2,3), (1,2,4), (1,3,4) и (2,3,4). Геометричното място от точки в абсолютната координатна система на общата пресечна точка на три съответ-

стващи прави [1], са съответно окръжностите: $c_{1,2,3}$ (минаваща през полюсите $P_{1,2}$, $P_{1,3}$ и $P_{2,3}$); $c_{1,2,4}$ (минаваща през полюсите $P_{1,2}$, $P_{1,4}$ и $P_{2,4}$); $c_{1,3,4}$ (минаваща през полюсите $P_{1,3}$, $P_{1,4}$ и $P_{3,4}$) и $c_{2,3,4}$ (минаваща през полюсите $P_{2,3}$, $P_{2,4}$ и $P_{3,4}$).

Естествен подход за намиране на решението на задачата за намирането на четири съответстващи прави, пресичащи се в обща точка, е търсенето на обща пресечна точка между окръжностите $c_{1,2,3}$, $c_{1,2,4}$, $c_{1,3,4}$ и $c_{2,3,4}$.



фиг.2 Окръжностите $c_{1,2,3}$, $c_{1,2,4}$, $c_{1,3,4}$ и $c_{2,3,4}$ от числения пример

Направените разсъждения ще бъдат илюстрирани посредством изложения по-долу числен пример, в който при зададени четири положения на подвижната равнина се намира търсеното решение за четири съответстващи прави, пресичащи се в обща точка.

3. ЧИСЛЕН ПРИМЕР

Зададени са четири положения (фиг.1) на подвижната координатна система $M\xi\eta$ посредством координатите на точка M и ъгъла α :

$$x_{M_1} = 0\text{ mm}, y_{M_1} = 0\text{ mm}, \alpha_1 = 0^\circ;$$

$$x_{M_2} = 20\text{ mm}, y_{M_2} = 60\text{ mm}, \alpha_2 = 60^\circ;$$

$$x_{M_3} = 148\text{ mm}, y_{M_3} = 40\text{ mm}, \alpha_3 = 85^\circ;$$

$$x_{M_4} = 262\text{ mm}, y_{M_4} = 105\text{ mm}, \alpha_4 = 120^\circ.$$

Да се намерят съответстващите прави от подвижната равнина, които в неподвижната равнина се пресичат в обща точка.

На фиг.2 са построени четирите окръжности $c_{1,2,3}$, $c_{1,2,4}$, $c_{1,3,4}$ и $c_{2,3,4}$ в първото положение на подвижната координатна система (съвпадащо с

неподвижната координатна система). Те се пресичат едновременно в точка G (фиг.2) с координати:

$$\xi_G = x_G = 123.3275\text{ mm},$$

$$\eta_G = y_G = 211.9676\text{ mm}.$$

На фиг.3 са построени четирите съответстващи прави g_1 , g_2 , g_3 и g_4 , пресичащи се в общата точка G .

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

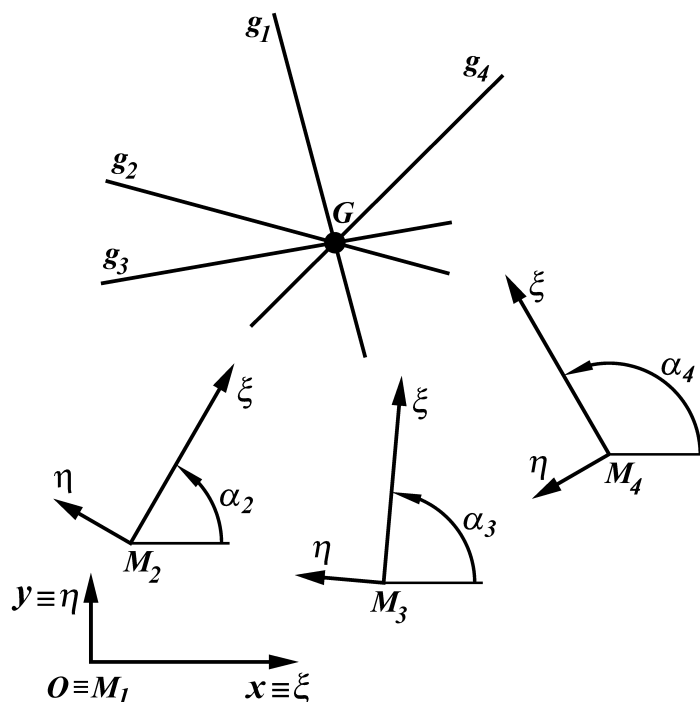
В настоящата работа е разгледана задачата за намиране на четири съответстващи прави, пресичащи се в обща точка. Представен е илюстративен числен пример.

Благодарности

Това изследване е осъществено с помощта на Европейския фонд за регионално развитие по оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж 2014 – 2020 г.“ и „Национален център по мехатроника и чисти технологии“ към Център за върхови постижения BG05M2OP001-1.001-0008-C01.

Литература

1. Beyer, R. Kinematische Getriebesynthese. Berlin, Springer-Verlag, 1953.



фиг.3 Четири съответстващи прави, пресичащи се в обща точка, от числения пример

**ON THE FINDING OF FOUR CORRESPONDING STRAIGHT LINES
INTERSECTING AT ONE POINT**

Nikolay NIKOLOV

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

Abstract: The present work is devoted to the problem of finding four corresponding lines intersecting at one point. An illustrative numerical example is presented.

Key words: discrete positions, corresponding lines.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НА ЦЕНТРАЛНА ОБИКНОВЕНА КРЪГОВА ЕВОЛВЕНТА ПО ЗАДАДЕНИ ДВЕ НЕЙНИ ТОЧКИ

Николай НИКОЛОВ

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

e-mail: nickn@tu-sofia.bg

Резюме: Настоящата работа е посветена на задачата за идентификация на централна обикновена кръгова еволвента по зададени две нейни точки. Представен е илюстративен числен пример.

Ключови думи: кръгова еволвента, еволвута.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Една от кривите, представляващи безспорен интерес за инженерната практика, е т. нар. кръгова еволвента [1]. Настоящата работа е посветена на идентификация на централна обикновена кръгова еволвента по зададени две нейни точки.

2. СЪЩНОСТ НА ПОДХОДА

Кръговата еволвента E (фиг.1) се определя от уравненията:

$$\begin{aligned}x_E &= x_C + r_b \cos(\varphi_0 + \Delta\varphi) + \\ &+ r_b \Delta\varphi \sin(\varphi_0 + \Delta\varphi) - h \cos(\varphi_0 + \Delta\varphi); \\ y_E &= y_C + r_b \sin(\varphi_0 + \Delta\varphi) - \\ &- r_b \Delta\varphi \cos(\varphi_0 + \Delta\varphi) - h \sin(\varphi_0 + \Delta\varphi).\end{aligned}\quad (1)$$

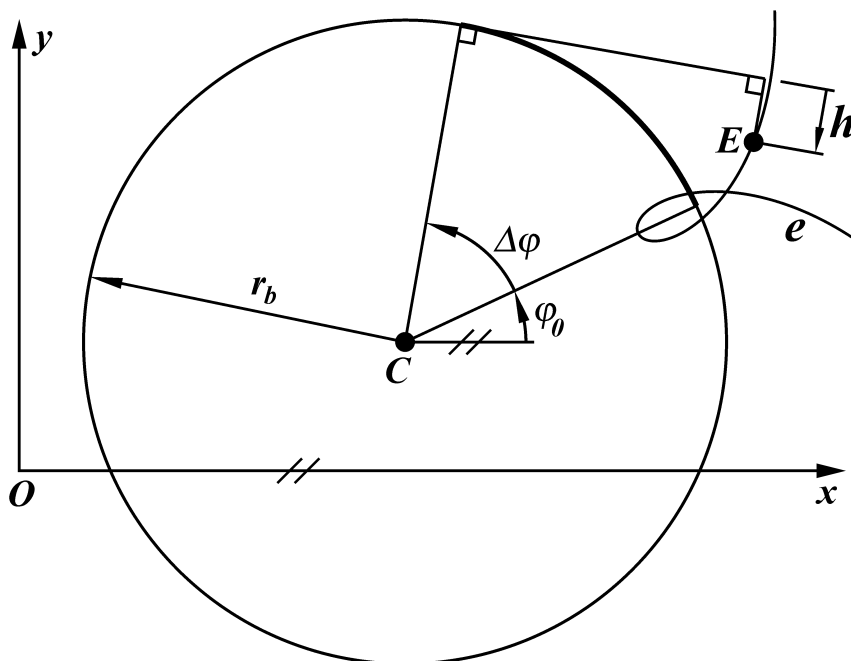
където

x_C, y_C – координатите на центъра на основната окръжност;

r_b – радиус на основната окръжност;

φ_0 – начална стойност на ъгловия параметър;

$\Delta\varphi$ – промяна на стойността на ъгловия параметър, $\Delta\varphi \in (-\infty, +\infty)$;



фиг.1 Получаване на кръгова еволвента в общия случай

h – отместване (ориентирано разстояние) – при $h = 0$ се получава обикновена кръгова еволвента, при $h > 0$ и $h < 0$ – съответно удължена и скъсена кръгова еволвента [2].

При зададени пет положения на точка E се получава система от 10 уравнения с 10 неизвестни ($x_C, y_C, r_b, h, \varphi_0, \Delta\varphi_1, \Delta\varphi_2, \Delta\varphi_3, \Delta\varphi_4, \Delta\varphi_5$):

$$\begin{cases} x_{E_i} = x_C + r_b \cos(\varphi_0 + \Delta\varphi_i) + \\ + r_b \Delta\varphi \sin(\varphi_0 + \Delta\varphi_i) - h \cos(\varphi_0 + \Delta\varphi_i) \\ y_{E_i} = y_C + r_b \sin(\varphi_0 + \Delta\varphi_i) - \\ - r_b \Delta\varphi \cos(\varphi_0 + \Delta\varphi_i) - h \sin(\varphi_0 + \Delta\varphi_i) \end{cases} \quad (2)$$

$i = 1, 2, 3, 4, 5.$

В случая, когато разглеждаме централна обикновена кръгова еволвента, $x_C = 0, y_C = 0$ и $h = 0$. Тогава при зададени две положения на точка E се получава система от 4 уравнения с 4 неизвестни ($r_b, \varphi_0, \Delta\varphi_1, \Delta\varphi_2$):

$$\begin{cases} x_{E_i} = r_b \cos(\varphi_0 + \Delta\varphi_i) + r_b \Delta\varphi \sin(\varphi_0 + \Delta\varphi_i) \\ y_{E_i} = r_b \sin(\varphi_0 + \Delta\varphi_i) - r_b \Delta\varphi \cos(\varphi_0 + \Delta\varphi_i) \end{cases} \quad (3)$$

$i = 1, 2.$

3. ЧИСЛЕН ПРИМЕР

Зададени са две точки в неподвижната координатна система Oxy :

$$x_{E_1} = 53 \text{ mm}, \quad y_{E_1} = 31 \text{ mm};$$

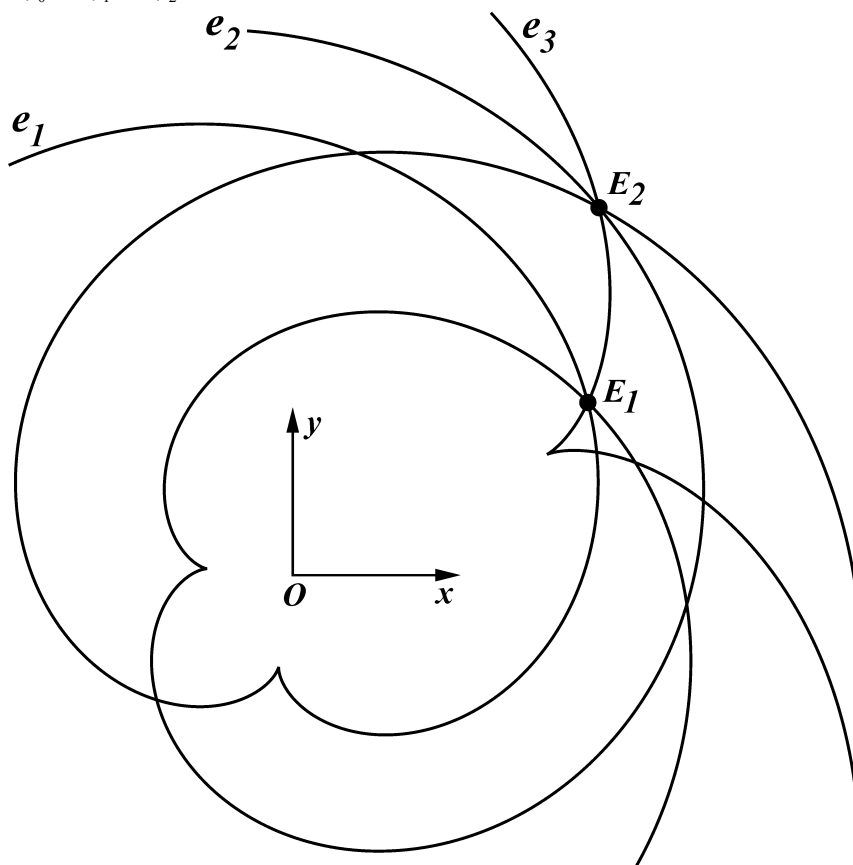
$$x_{E_2} = 55 \text{ mm}, \quad y_{E_2} = 66 \text{ mm}.$$

Да се идентифицират централните обикновени кръгови еволвенти, минаващи през зададените точки, при $\Delta\varphi_1 \in [-2\pi, 2\pi]$ и $\Delta\varphi_2 \in [-2\pi, 2\pi]$.

Получените централни обикновени кръгови еволвенти

$$e_1 (r_b = 16.65640 \text{ mm}, \varphi_0 = 4.56045,$$

$$\varphi_1 = 3.54806, \varphi_2 = -5.06008);$$



фиг.2 Двете зададени точки от числения пример и съответните им кръгови еволвенти

$$e_2 (r_b = 15.41672 \text{ mm}, \varphi_0 = 3.06737,$$

$$\varphi_1 = -3.85512, \varphi_2 = 5.48224);$$

$$e_3 (r_b = 50.53813 \text{ mm}, \varphi_0 = 0.44324,$$

$$\varphi_1 = 0.68997, \varphi_2 = 1.37472),$$

минаваща през зададените две точки, са изобразени на фиг.2.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящата работа е разгледана задачата за идентифициране на централна обикновена кръгова еволвента по две зададени точки. Представен е илюстративен числен пример.

Благодарности

Това изследване е осъществено с помощта на Европейския фонд за регионално развитие по оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж 2014 – 2020 г.“ и „Национален център по мехатроника и чисти технологии“ към Център за върхови постижения BG05M2OP001-1.001-0008-C01.

Литература

1. Минчев, Н., Живков, В., Енчев, К., Стоянов, П. Теория на механизмите и машините. София, Техника, 1991, 432 с.
2. Охендушко, Н. Зъбни колела. Първи том. Конструкция, София, Техника, 1974, 566 с.

IDENTIFICATION OF A CENTRAL ORDINARY CIRCULAR INVOLUTE BY ITS TWO POINTS

Nikolay NIKOLOV

Department „Theory of Mechanisms and Machines”, Technical University of Sofia, Bulgaria

e-mail: nickn@tu-sofia.bg

Abstract: The present work is devoted to the task of identifying a central ordinary circular involute by its given two points. An illustrative numerical example is presented.

Key words: involutes of a circle, evolute.

MATHEMATICAL MODELLING OF TENSION-TEMPERATURE FOR AN ELECTRICAL FURNACE

Ioan ENESCU

Department of Mechanical Engineering, Transylvania University of Brasov, Romania

e-mail: enescu@unitbv.ro

Abstract: The paper presents a soft modelling method of tension-temperature characteristic of the output for an electrical furnace by means of a thermocouple with PtRh-Pt thermo element. The thermocouple simulation is made through the LabVIEW graphic programmed, referring to the data tables provided by the AICHELIN furnace constructions company in Stuttgart. An experimental system of data acquisition coming from a thermocouple in LabVIEW programmed.

Keywords: furnace, thermocouple, thermo element, data acquisition, transducer, device

1. INTRODUCTION

The transducers are devices that convert the physical values within a process in electrical values. These devices can fulfil only the transformation function of the physical value in electrical value, the translation and the conditioning of the electrical signal (integrated-transducers) and the translation and the signal conditioning, the analogical-digital conversion and the primary processing of the data (intelligent transducers). The thermocouple is formed of the junction of two different metals, junction that generates a tension corresponding to a temperature. In order to have a data acquisition from a thermocouple, signal conditioning circuits are necessary. Their role is to compensate the cold junction, to amplify and to linearize it.[1,2,3]

2. MATHEMATICAL MODELING OF THE TENSION-TEMPERATURE CHARACTERISTIC

The problem we pose is that of the approximation through the method of the smallest square of the temperature-tension characteristic of a PtRh-Pt thermocouple, approximation based on the tables of correspondence. Mathematically, the problem can be formulated as it follows: in an interval [a..b], n points x_1, x_2, \dots, x_n are specified, corresponding value of a function $f(x)$.

The determination of the parameters $\alpha_j, j=1,2,\dots,m$ of a model function $F(x, \alpha_j)$ so as to minimize the sum of the squares of the differences of the two functions in the points on the table. It is shown in Eqn.(1):

$$S = \sum_{i=1}^n \left[y_i - F(x_i; \alpha_j) \right]^2 \quad (1)$$

The values of the parameters α_j that minimize the functional S satisfy the Eqn.(2):

$$\frac{dS}{d\alpha_j} = 0 \quad j=1,2,\dots,m \quad (2)$$

2.1 Linear regression

The simplest example of modeling through the smallest method is given by the linear regression.

There are practical situations in which the graphical representation of the points in the table suggests that the functional relation between x and y is linear and then, a model function of the type $F(x, \alpha, \beta) = \alpha X + \beta$ must be considered. The method of the smallest squares implies, in this case, the minimization of the functional Eqn.(3):

$$S = \sum_{i=1}^n \left[y_i - \alpha x_i - \beta \right]^2 \quad (3)$$

it is related to the parameter of α, β model.

The values of these parameters minimizing the functional S fulfil the conditions shown in Eqn. (4):

$$\frac{dS}{d\alpha} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \alpha x_i - \beta) \cdot x_i = 0 \quad (4)$$

$$\frac{dS}{d\beta} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \alpha x_i - \beta) = 0$$

Introducing the relations shown in Eqns.(5) and (6):

$$S1 = \sum_{i=1}^n x_i \cdot \quad (5)$$

$$t1 = \sum_{i=1}^n y_i \quad t2 = \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i \quad (6)$$

The system of equations can be shown in Eqns. (7) and (8):

$$S_1 \cdot \alpha + n \cdot \beta = t_1 \quad (7)$$

$$S_2 \cdot \alpha + s_1 \cdot \beta = t_2 \quad (8)$$

Thus, it results is shown in Eqn.(9):

$$\alpha = \frac{S_1 \cdot t_1 - n \cdot t_2}{S_1 - n \cdot S_2}, \beta = \frac{S_1 \cdot t_2 - S_2 \cdot t_1}{S_1 - n \cdot S_2} \quad (9)$$

In order to measure the temperature of the cold junction, a virtual instrument will be made, it uses a LM135 typed temperature sensor. The temperature this sensor measures will be added to the temperature measured by the thermocouple.

The LM135 series are precision, easily-calibrated, integrated circuit temperature sensors. Operating as a 2-terminal zener, the LM135 has a breakdown voltage directly proportional to absolute temperature at +10mV/K.

Thus, the temperature-tension variation of a thermocouple, with a table dependence from table 1 can be approximate depending on $T = \alpha U + \beta$ with the parameters α, β given by the Eqn.(9).

The determination of the parameters S_1, S_2, t_1, t_2 , is made in the first LabVIEW application as it is shown in Fig. 1. [1][2][3]

This virtual instrument will be called "parameters", a graphic symbol and will have input and output connectors. Then, this virtual instrument will be used as a programming element in a different application named "acquisition data".

The calculation of the parameters a and b of the linear regression is made in the second LabVIEW application, as it is shown in Fig.2. This virtual instrument will be called "parameters a,b", a graphic symbol and will have input and output connectors. Then, this virtual instrument will be used as a programming element in a different application named "acquisition data".

When calibrated at 25°C, the LM135 has typically less than 1°C error over a 100°C temperature range. Unlike other sensor the LM135 has a linear output. Applications for the LM135 include almost any type of temperature sensing over a -55°C to +150°C temperature range. The low impedance and linear output make interfacing to readout or control circuitry especially easy. The LM135/235/335 is available packaged in hermetic TO-46 transistor packages while the LM335 is also available in plastic TO-92 packages.

3. EXPERIMENTAL SYSTEM FOR DATA ACQUISITION

In order to have an experimental measurement of the temperature-tension characteristic a programme in LabVIEW graphic language for data acquisition using a LabJack acquisition plate is designed. The assembly we use is shown in fig.3. The experimental system for data acquisition is shown in fig. 1.[4][5][6]

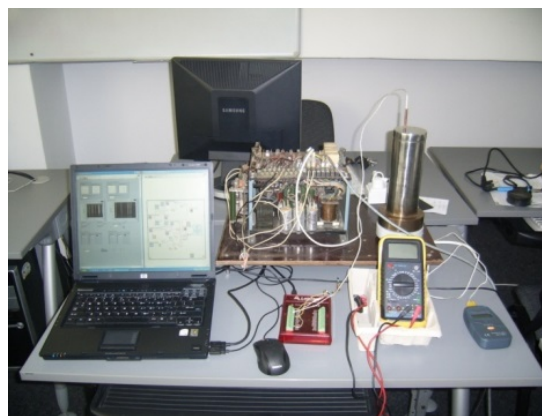


fig.4 Experimental system

4. CONCLUSIONS

The experimental system thus designed is used for the data acquisition during the heating process of an furnace in the laboratory.

Using the virtual instrumentation, the user can make a computer-assisted simulation of various electronic devices. They can be used for different applications simulating complex industrial processes.

The purpose of this research study is that of using the numeric techniques of identification by using a computer-assisted industrial process of heat treatment by tempering applied on a material made of steel.

References

1. **Cottet, F.** Bazele programării în LabVIEW, Ed. MATRIX ROM, 1998, București
2. **Maier, V.** LabVIEW în calitatea energiei electrice, Ed. Albastră, 2000, Cluj-Napoca
3. **Ursuțiu, D.** Inițiere în LabVIEW, Ed. Lux Libris, 2000, Brașov.
4. **Landau I.** System of identification and control, Technical Publishing, 1997, Bucarest

5. **Micu E.** Electric Furnace and Electric and Thermal Equipment, Publishing House of Transilvania University of Brasov, 1972, Brasov

6. **Ghimbaseanu I.**, Computer-Assisted Identification of a Technological Process, Publishing House of Transilvania University of Brasov, 2002, Brasov.

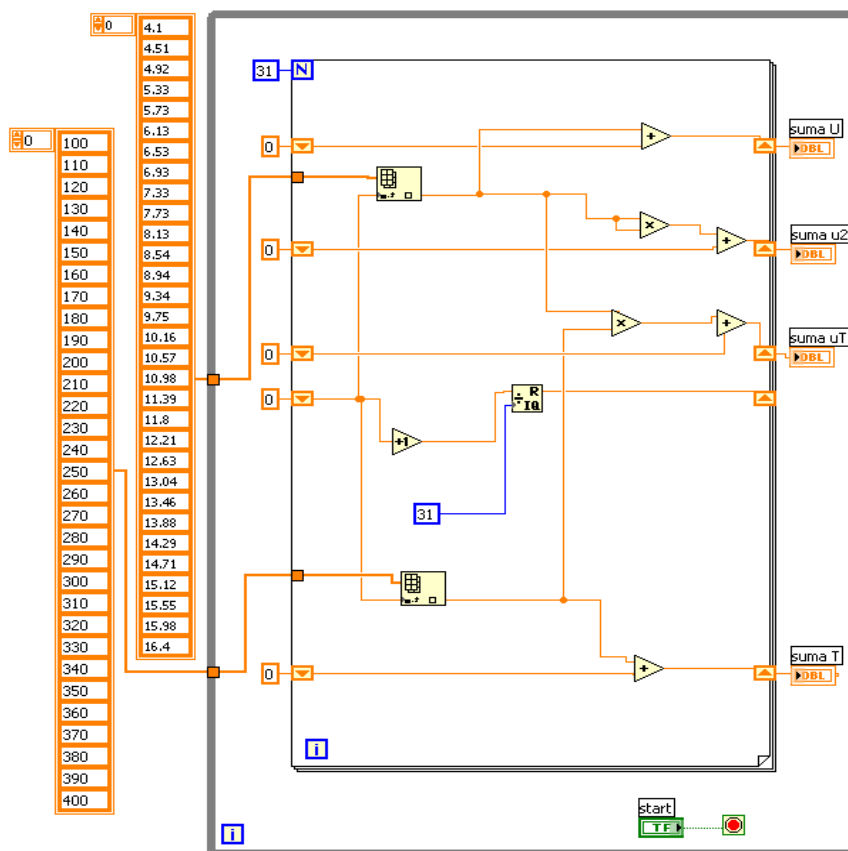


fig.1 Block Diagram for determination of the parameters S_1 , S_2 , t_1 , t_2

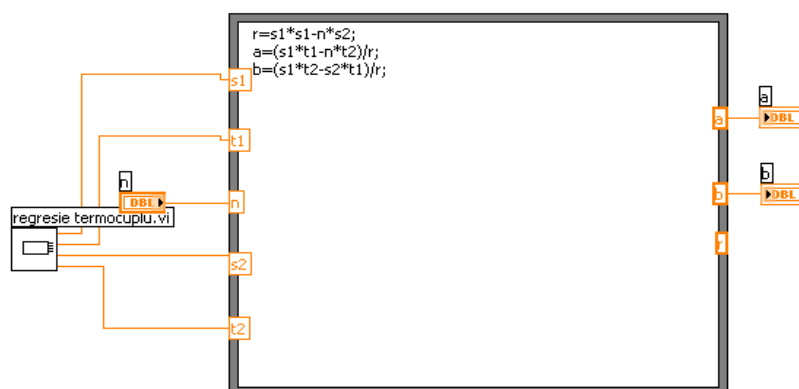


fig.2 Block Diagram for calculation of the parameters a and b of the linear regression

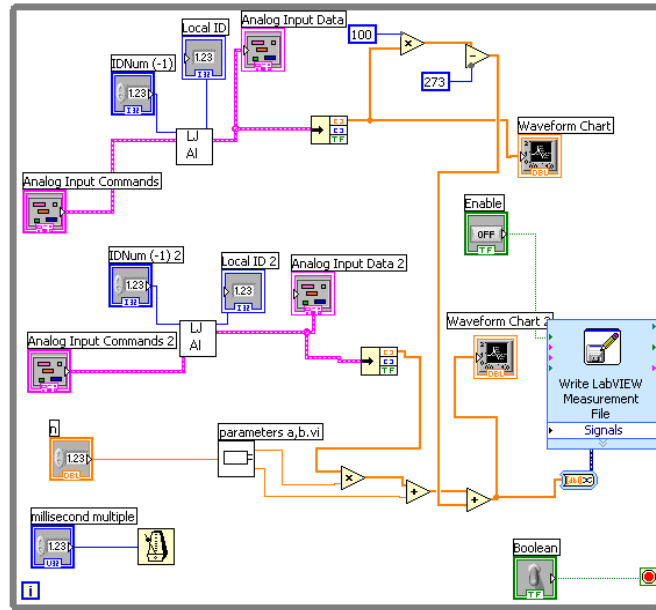


fig.3 Block Diagram for data acquisition

table 1. Data acquisition

U	T	U	T	U	T	U	T
[V]	[°C]	[V]	[°C]	[V]	[°C]	[V]	[°C]
4,1	100	7,33	180	10,57	260	13,88	340
4,51	110	7,73	190	10,98	270	14,29	350
4,92	120	8,13	200	11,39	280	14,71	360
5,33	130	8,54	210	11,8	290	15,12	370
5,73	140	8,94	220	12,21	300	15,55	380
6,13	150	9,34	230	12,63	310	15,98	390
6,53	160	9,75	240	13,04	320	16,4	400
6,93	170	10,16	250	13,46	330		

MATHEMATICAL MODELLING OF TENSION-TEMPERATURE FOR AN ELECTRICAL FURNACE

Ioan ENESCU

Department of Mechanical Engineering, Transylvania University of Brasov, Romania

e-mail: enescu@unitbv.ro

Abstract: The paper presents a soft modelling method of tension-temperature characteristic of the output for an electrical furnace by means of a thermocouple with PtRh-Pt thermo element. The thermocouple simulation is made through the LabVIEW graphic programmed, referring to the data tables provided by the AICHELIN furnace constructions company in Stuttgart. An experimental system of data acquisition coming from a thermocouple in LabVIEW programmed.

Keywords: furnace, thermocouple, thermo element, data acquisition, transducer, device

ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ НА РИСКА ПРИ НАЛИЧИЕ И РАЗВИТИЕ НА ЕКОЛОГИЧНИ СИТУАЦИИ И КАТАСТРОФИ

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: Въздействието на бедствията, независимо дали са природни или създадени от човека, има не само човешки измерения, но и екологични. Условието на околната среда могат да изострят въздействието на бедствието и обратно, бедствията са склонни да имат въздействие върху околната среда. Подчертаването и засилването на централната роля на екологичните проблеми при управлението на бедствия се превърна в критичен приоритет, изисквайки стабилното управление на природните ресурси като инструмент за предотвратяване на бедствия и намаляване на тяхното въздействие върху хората. Математическото и компютърно моделиране помагат да бъдат разбрани процесите, протичащи в околната среда. В публикацията е представена вероятностна оценка на състоянието, развитието и управлението на риска при определяне съдържанието на тежки метали в почвено-растителни системи в района на източниците на замърсяване.

Ключови думи: почви, тежки метали, моделиране, екологичен риск

1. ОБЩА ПОСТАНОВКА И ТЕОРЕТИЧНИ ОСНОВИ

Разгледана е задачата за разработване на метод и алгоритъм за приемане на решение за оценка на състоянието на сложни системи, в процесите на възникване и развитие на опасни ситуации с тенденции близки до катастрофа [15]. По конкретно става дума за вероятностна оценка на състоянието, развитието и управлението на риска в една конкретна област на приложение а именно - определяне съдържанието на тежки метали в почвено-растителни системи в околността на източниците на замърсяване [5,11,17]. Този математически апарат е използван от авторите при предложения за внедряване в областта на медицинската диагностика и съдържа в себе си елементи, които могат да послужат за защита на интелектуалната собственост чрез патентоване и в конкретно разглежданата област [13,14].

В този случай става дума за сложна многофункционална система, при която се налага определяне на вероятността за поява на някакво събитие „А“ имащо отношение към оценката на опасността, което може да се реализира с едно от събитията H_1, H_2, \dots, H_n , образуващи пълна група от несъвместими събития. Събитията H_i се наричат хипотези, а

вероятността на A се определя от формулата за пълната вероятност.

$$P(A) = P(A.H_1) + P(A.H_2) + \dots + P(A.H_n) \\ = \sum_{i=1}^n P(H_i) \cdot P(A/H_i) \quad (1)$$

В задачите за оценка на състоянията величините $P(H_i)$ отговарят на априорните вероятности за поява на всяка от възможните хипотези, а $P(A/H_i)$ е вероятността за това, че събитието A се е сбъднало заедно с хипотезата H_i .

Много често в практиката при приемане на управленски решения при наличие на много варианти (H_1, H_2, \dots, H_n) се поставя задачата за преизчисляване на вероятностите за сбъждане на всяка от хипотезите, след като вече е било наблюдавано събитието A . Подобна задача може да бъде решена чрез теоремата за проверка на хипотезите (формула на Байес), получена като следствие от теоремата за умножение на събитията и формулата за пълната вероятност [3,4].

$$P(A \cdot H_i) = P(A) \cdot P(H_i / A) = \\ P(H_i) \cdot P(A / H_i) \quad (2)$$

Отхвърляйки лявата част на това уравнение се получава :

$$P(H_i / A) = \frac{P(H_i) \cdot P(A / H_i)}{P(A)} = \frac{P(H_i) \cdot P(A / H_i)}{\sum_{i=1}^n P(H_i) \cdot P(A / H_i)} \quad (3)$$

Тук $P(H_i); i=1-n$ са вероятностите на хипотезите до опита (априорни), а $P(H_i / A)$ е вероятността на i -тата хипотеза след опита. По формулата на Байес могат да се пресметнат условните вероятности на всяка от хипотезите, след което най-вероятната от тях се приема като основа за бъдещи действия. Тази формула е основа на статистическите алгоритми за разпознаване на състоянията на физически и обществени системи – биологични, екологични, икономически, транспортни и др.[9].

2. ОЦЕНКА НА СЪДЪРЖАНИЕТО НА ТЕЖКИ МЕТАЛИ (ОЛОВО) В ПОЧВЕНО – РАСТИТЕЛНИТЕ СИСТЕМИ

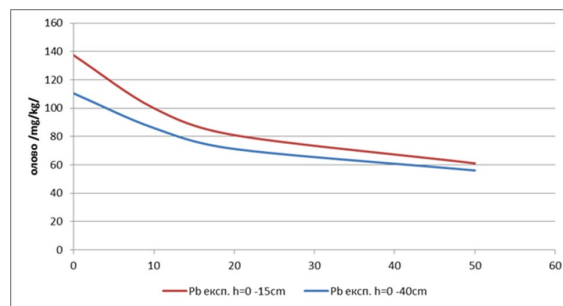
Разгледан е един случай на приемане на решението за състоянието на почвено-растителни системи по резултатите от измерване на косвени признаци [16]. По конкретно разглежда се задачата за бърза вероятностна оценка на опасността от попадане на олово в растителна популация (напр.слънчоглед), засята в терен покрай път с интензивно автомобилно движение [1,2,12,15].

Проведени са предварителни експерименти, свеждащи се до получаване на ограничен обем от данни (съдържание на олово в почвата на различни експериментални площадки при различни дълбочинни- хоризонти и разстояния от източника на замърсяване). Самите изследвания са проведени при сложни и трудоемки действия „на терен“ и анализи в лаборатории, като резултатите са оформени в два хоризонта ($h=0-15$ см и $h=15-40$ см) и на разстояния $l=0, 10, 20, 50$ m от банката. (фиг.1) [8]. Необходимо е да се отбележи, че експериментите са получени при различни условия и имат ориентиращ характер.

В рамките на конкретния вегетационен период нямаме възможност и време за полеви и лабораторни изследвания, поради, което се търси бързо решение по косвени признаци. Пред изследователя съществуват две хипотези:

H_1 – съдържанието на олово в почвата е в допустимите граници.

H_2 - съдържанието на олово в почвата е извън допустимите граници.



Фиг. 1 Съдържание на олово в зависимост от разстоянието

Косвената оценка на съдържанието на олово в почвата (или на вероятността за попадането му в допустимите граници) се осъществява по два способа на наблюдение на растенията, за които съществува информация за влиянието на състоянието на почвата върху тях:

S_1 - вджуджаване на растението, придружено с наблюдение на къси и тънки стъбла;

S_2 - малка листна маса и намалени размери на слънчогледовата пита.

От предварителните изследвания (подобни на тези, представени на фиг.1) се предполага, че към момента на оценката вероятността почвената система да се намира в добро състояние H_1 е $P(H_1)=0.6$, а в недобро H_2 е $P(H_2)=0.4$. Необходимо е да се уточни, че тези вероятности се различават в зависимост от разстоянието и дълбочината на почвено-растителната площадка, което ще бъде проверено след това.

Двата способа за оценка нямат абсолютна достоверност, като от предварителни експерименти е установено следното [8]:

- достоверността на първия способ за оценка S_1 е $P(S_1)=0.6$, което означава, че вероятността за допускане на грешка е $q(S_1)=0.4$;

- достоверността на втория способ за оценка S_2 е $P(S_2)=0.7$, а вероятността за допускане на грешка е $q(S_2)=0.3$.

Иска се приемането на най-доброто решение след получаване на съобщение за съдването на различни комбинации от диагностични заключения

по двата диагностични способа, т.е става дума за преизчисляване на условните вероятности на хипотезите и приемането на най-вероятната. В случая са възможни следните варианти:

Първи вариант: Получава се съобщение (събитието A): диагностичните заключения на двата метода са, че състоянието на системата е добро (съдържанието на олово е под допустимото). Преизчислено е по формула (3) условните вероятности на хипотезите $P(H_1)$ и $P(H_2)$ след появата на съобщението A при вече посочените начални условия:

Имаме:

$$P(H_1)=0,6; P(A/H_1)=P(S_1).P(S_2)=0,6.0,7=0,42;$$

$$P(H_2)=0,4; P(A/H_2)=q(S_1).q(S_2)=0,4.0,3=0,12$$

Тук $P(A/H_1)$ и $P(A/H_2)$ са вероятностите за това, че двата косвени метода дават верни заключения при хипотезата H_1 и грешни при хипотезата H_2 .

По формула (3) са пресметнати условните вероятности на H_1 и H_2 при съобщение A :

$$P(H_1/A) = \frac{P(H_1) \cdot P(A/H_1)}{P(H_1) \cdot P(A/H_1) + P(H_2) \cdot P(A/H_2)} = \frac{0,6 \cdot 0,42}{0,6 \cdot 0,42 + 0,4 \cdot 0,12} = 0,84 \quad (4)$$

$$P(H_2/A) = \frac{P(H_2) \cdot P(A/H_2)}{P(H_1) \cdot P(A/H_1) + P(H_2) \cdot P(A/H_2)} = \frac{0,4 \cdot 0,12}{0,6 \cdot 0,42 + 0,4 \cdot 0,12} = 0,16 \quad (5)$$

В конкретния дуалтернативен случай би могло да се спести второто пресмятане (уравнение 5), тъй като $P(H_1/A)+P(H_2/A)=1$.

От сравнението $P(H_1/A) > P(H_2/A)$ има основание да приемем, че се е сбъднала първата хипотеза. Освен това при получаване на съобщението, означено като събитие A , условната вероятност $P(H_1/A)=0,84$ е по-голяма от изходната $P(H_1)=0,6$, което увеличава правотата на предположението. И така заключението от тази проверка е, че при така направените оценки по двата диагностични способа имаме основание да се приеме, че състоянието на екосистемата е добро.

Втори вариант: Получава се съобщение (събитие A), че диагностичните заключения и по двата

способа за оценка сочат недобро състояние на системата. Съобразно началните условия:

$$P(H_1)=0,6; P(A/H_1)=q(S_1).q(S_2)=0,4 \cdot 0,3=0,12$$

$$P(H_2)=0,4; P(A/H_2)=P(S_1) \cdot P(S_2)=$$

$$=0,6 \cdot 0,7=0,42$$

По формула (3) се пресмятат условните вероятности на H_1 и H_2 при съобщение A .

$$P(H_1/A) = \frac{0,6 \cdot 0,12}{0,6 \cdot 0,12 + 0,4 \cdot 0,42} = 0,3 \quad (6)$$

$$P(H_2/A) = \frac{0,4 \cdot 0,42}{0,6 \cdot 0,12 + 0,4 \cdot 0,42} = 0,7 \quad (7)$$

В този случай, при получаване на съобщението A с условна вероятност по-голяма от изходната $P(H_2/A)=0,7 > P(H_2)=0,4$ се приема хипотезата за това, че системата е в не добро състояние.

Трети вариант: Получено е съобщение (събитие A): диагностичното заключение на база S_1 носи информация, че системата е в добро състояние, а заключението на втория способ S_2 показва, че състоянието на почвената система е недобро. Съгласно началните условия:

$$P(H_1)=0,6; P(A/H_1)=P(S_1) \cdot q(S_2)=0,18$$

$$P(H_2)=0,4; P(A/H_2)=q(S_1) \cdot q(S_2)=0,28$$

Условните вероятности на хипотезите H_1 и H_2 при събитие A (формула 3) са:

$$P(H_1/A) = \frac{0,6 \cdot 0,18}{0,6 \cdot 0,18 + 0,4 \cdot 0,28} = 0,49 \quad (8)$$

$$P(H_2/A) = \frac{0,4 \cdot 0,28}{0,6 \cdot 0,18 + 0,4 \cdot 0,28} = 0,51 \quad (9)$$

Има основание да се приеме хипотезата за недобро състояние на почвената система, макар и малко $P(H_2/A)=0,51 > P(H_1/A)=0,49$.

За да бъде направено все пак по-категорично заключение е необходимо да се проведат още няколко оценъчни сеанса. Ако в резултат на това $P(H_2/A)$ се увеличи още повече, ще се потвърди хипотезата за недобро състояние на системата.

Четвърти вариант: Получава се съобщение, според което първият диагностичен способ носи информация за недобро състояние на системата, а вторият – за добро състояние. Съгласно началните състояния:

$$P(H_1)=0,6; P(A/H_1)=q(S_1) \cdot P(S_2)=0,28$$

$$P(H_2)=0,4; P(A/H_2)=P(S_1) \cdot q(S_2)=0,18$$

Условните вероятности на хипотезите H_1 и H_2 при събитие A (формула 3) са:

$$P(H_1/A) = \frac{0,6 \cdot 0,28}{0,6 \cdot 0,28 + 0,4 \cdot 0,28} = 0,7 \quad (10)$$

$$P(H_2/A) = \frac{0,4 \cdot 0,18}{0,6 \cdot 0,28 + 0,4 \cdot 0,28} = 0,3 \quad (11)$$

Има основание да бъде приета хипотезата H_1 за добро състояние на почвената система, защото $P(H_1/A)=0,7 > P(H_2/A)=0,3$. За да бъде направено по-категорично заключение, трябва да бъдат извършени още няколко допълнителни сеанса за оценка.

За да бъде предпазен читателя от прибързани или неверни заключения е направена проверка на вероятностите на хипотезите при други изходни условия. Прието е, че достоверностите на двата диагностични способа, зависещи основно от влиянието на състава на почвата върху външните белези на растителните фракции са на същите нива, т.е $P(S_1)=0,6$; $q(S_1)=0,4$; $P(S_2)=0,7$; $q(S_2)=0,3$. Обръща се внимание на това, че априорните вероятности на хипотезите в предходната задача ($P(H_1)=0,6$; $P(H_2)=0,4$) са актуални за измервателен сеанс, проведен при следните условия: $X_{гран.}=60$ mg/kg; $\ell=10$ m; $h=15$ cm. Сега се приема, че измервателния сеанс се е провел на разстояние $< \ell=40$ m от банката, при запазване на останалите условия. От фиг.1 може да се прецени, че в този случай априорните вероятности на хипотезите са $P(H_1)=0,9$; $P(H_2)=0,1$. Иска се да се направи апостериорна проверка на хипотезите за добро и недобро състояние при различните възможни съчетания от диагностичните заключения по двата косвени метода. За да не бъде претрупано изложението са посочено само крайните резултати и заключенията за приемане или отхвърляне на всяка от хипотезите.

Първи вариант: Двата диагностични способа за косвена оценка носят информация за добро състояние на почвената система ($P(S_1)=0,6$; $P(S_2)=0,7$). Апостериорните условни вероятности на хипотезите са:

$$P(H_1/A)=0,969 > P(H_1)=0,9 \quad (12)$$

$$P(H_2/A)=0,03 < P(H_2)=0,1 \quad (13)$$

Има основание да бъде приета хипотезата за добро състояние на почвената система, чиято условна вероятност, освен че е по-голяма от другата $P(H_1/A) > P(H_2/A)$, но се е увеличила още повече след съобщението, означено като събитие A :

$$P(H_1/A)=0,969 > P(H_1)=0,9.$$

Втори вариант: Двата способа за оценка носят информация за недобро състояние на системата ($q(S_1)=0,4$; $q(S_2)=0,3$)

$$P(H_1/A)=0,72 < 0,9 \quad (14)$$

$$P(H_2/A)=0,28 > 0,1 \quad (15)$$

Въпреки, че и двата диагностични способа носят информация за недобро състояние на почвената система, няма основание да се приеме тази хипотеза, тъй-като условната вероятност на хипотезата за добро състояние е по-голяма $P(H_1/A)=0,72 > P(H_2/A)=0,28$. Фактът обаче, че условната вероятност на първата хипотеза е намалена след измерването ($P(H_1/A)=0,72 < P(H_1)=0,9$) ни кара да бъдем внимателни и дава основание окончателно решение да бъде взето след провеждането на още няколко последователни измервания. Причината за решението се дължи на предположението, че оценките са направени на по-голямо разстояние от източника на замърсяване.

Трети вариант: Първият способ за оценка S_1 носи информация за добро ($P(S_1)=0,6$), а вторият – за недобро ($q(S_2)=0,3$) състояние на почвената система.

$$P(H_1/A)=0,852 < 0,9 \quad (16)$$

$$P(H_2/A)=0,148 > 0,1 \quad (17)$$

Има основание да се прием хипотезата за добро състояние на почвената система, тъй-като нейната условна вероятност е по-голяма $P(H_1/A)=0,852 > P(H_2/A)=0,148$. Фактът обаче, че нейната условна вероятност е намалела след опита, т.е $P(H_1/A)=0,852 < P(H_1)=0,9$ определя факта да се проведат още няколко оценъчни сеанса преди да се вземе окончателно решение.

Четвърти вариант: Първият способ за оценка носи информация за недобро състояние на почвената система ($q(S_1)=0,4$), а вторият – за добро състояние на системата ($P(S_2)=0,7$).

$$P(H_1/A)=0,93 > 0,9 \quad (18)$$

$$P(H_2/A)=0,07 < 0,1 \quad (19)$$

Има основание да се прием хипотезата за добро състояние на почвената система, тъй-като нейната условна вероятност е по-голяма от вероятността на втората хипотеза $P(H_1/A)=0,93 > P(H_2/A)=0,07$. Освен това фактът, че тази вероятност се е повишила след опита $P(H_1/A)=0,93 > P(H_1)=0,9$ дава категорично основание за това решение.

Обобщавайки резултатите от втората група задачи, може да се направи следния извод, че в този

случай са получени едни наглед странни, но съвсем нелишени от смисъл решения, които и в четирите варианта отнасят наблюденията към доброто състояние на почвената система, макар и с различни апостериорни вероятности на хипотезите. Този пример е приведе, за да се посочи, че една и съща процедура за косвена оценка, приложена на различни разстояния от източника на замърсяване, може да доведе до различни диагностични заключения. Като това се дължи на факта, че вероятността за по-добро състояние на почвената система расте с отдалечаване от източника на замърсяване.

В заключение към тази част от разработката могат да се посочат някои насоки за бъдещи практически предложения на Байесовския подход за оценка на риска и приемане на управляващи решения. В теорията е доказано, че на базата на общата формула на Байес (уравнение 3) могат да бъдат получени фамилия от алгоритми за разпознаване и оптимално управление на състоянието на сложни многоалтернативни и многофакторни обекти осигуряващи минимизация на средния риск [9]. Практически резултатите от прилагането на този алгоритмичен подход са показани за широк кръг от обекти [6,10]. Друга алтернатива за бъдещо прилагане на Байесовския подход може да бъде получена чрез предварително пресмятане на апостериорните вероятности на хипотезите за различни комбинации от изходни данни, с което се избягва необходимостта от прилагането на формули от типа на (4-19) за всеки конкретен случай. Получените резултати се представят под формата на Байесовски таблици или мрежи за непосредствено ползване. За бърза оценка на състоянието на почвата по косвени признаци са разработени таблици и бази от данни, реализиращи се без съществени компютърни мощности, които са предоставени за ползване на земеделците в района.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установено е, че прилагането на статистическите разпознаващи алгоритми за диагностична оценка при вече описаната задача потвърждава правилността на приетите оценъчни решения и потвърждава тенденцията за намаляване на риска с отдалечаване от източника на замърсяване [7]. Решението за избор на един от двата подхода (по формулата на Байес или по разпознаващ алгоритъм)

е въпрос на предпочитане на изследователите, обем на данните, компютърни мощности и др.

Литература

1. **Бекярова Ж., Симеонова А., Чутуркова Р., Динков Д., Стоянова П.** Съдържание на макро елементи и тежки метали в почви и фракции на някой агрокултури в промишлен район Девня. Изд. Селскостопанска академия София, сп. Почвознание агрохимия и екология” 2011, 40-46 с.
2. **Близнаков Ат.,** Тежки метали в българските почви, Наука. - ISSN 0861-3362. - XIV, 3. 2004, 36-42 с.;
3. **Венцел, Е.** “Теория вероятностей”, Москва, “Наука”, 1969, 572 с
4. **Гвишиани, Д.М., И.В. Новикова, С.А. Печова.** Природа моделей и модели природы. Изд.. Мысль, 1986, 270 стр
5. **Ефремов И.В.,** Моделирование почвенно – растителных систем. М.Изд ЛКИ 2008. с.152
6. **Наскова, П.**(2015) Математически модел за оценка и прогнозиране на съдържанието на олово в почвата по пътя Варна – Добрич, сп.Устойчиво развитие, изд. Асоциация „Екология, земеделие, образование и наука“, 1(22)2015г. стр.105-115, ISSN 1314-4138(print), ISSN 2367-5454 (online)
7. **Наскова, П.**(2017) Математически модел за оценка на съдържанието на тежки метали в почвата по косвени признаци на растенията. Списание за наука „Ново знание“ Vol. 6, N 3, 2017: стр149-160, ISSN 2367-4598 (Online)
8. **Наскова, П.** (2020) Моделиране на процесите в почвено-растителните екосистеми, ИК „Геа-Принт“,241с.,ISBN 978-619-184-043-4
9. **Недев, А.,** Разпознаване на образи и оптимално стохастическо управление,(математически, биологични и философски основи),кн.1, ИК Геа Принт,Варна, 2012, стр.346, ISBN 978-954-9430-80-6
10. **Недев А.,** Разпознаване на образи и оптимално стохастическо управление, книга II ИК „Геа-Принт“Варна 2012, 367с.
11. **Allen S., Brown P., Mckay G., Flynn O.** An evaluation of single resistance transfer models in the sorption of metal ions by peat. J.Chem. 'Techno!, and BiotechnoL -1992. V.54. p.271-276
12. **Dube1,A., R. Zbytniewski T., Kowalkowski., E. Cukrowska., B. Buszewski.** Adsorption and Migration of Heavy Metals in Soil. Polish Journal of Environmental Studies Vol. 10, No. 1 (2001) 1-10
13. **Kadieva, Z.** „The patent as an opportunity to protect intellectual results“, in the 1st International Scientific Conference „Development through research and innovation - 2020“, August 28th - Moldova
14. **Karastatev, D., D. Radev, H. Kaponov, A. Atanasov,** 1982. Late quantitative functional prognosis in rechibilitated

patients with acute myocardial infarction. IX. World Congress of Cardiology, Moscow, 1982

15. **Neverov A. V., Varapayeva O. A., Masilevich N. A.** Concept of environmental risks management in the system of sustainable natural resources management. Trudy BGTU [Proceedings of BSTU], series 5, Economics and Management, 2017, no. 2, pp. 20–24 (In Russian).

16. **Ross S.M.**, Toxic metals in soil–plant systems. John Wiley & Sons, Chichester, UK1994.

17. **Sensei N, Miano T.M, Allison, J. D.**, Modelling metal-humic interactions with MINTEQA2. Humic Substances in the Global Environment and Implications on Human Health, Elsevier Science B.V. 1994.

RISK ASSESSMENT AND MANAGEMENT IN THE PRESENCE AND DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL SITUATIONS AND DISASTERS

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: The impact of a disaster, whether natural or man-made, has not only human dimensions, but also ecological ones. Environmental conditions can exacerbate the impact of a disaster and vice versa, disasters can have an impact on the internal environment. Emphasizing and closing the central role of environmental problems in disaster management is becoming a critical priority, requiring sound management of natural resources as a tool for disaster prevention and depending on their impact on people.

Mathematical and computer modeling help to understand the processes taking place in the environment. The publication presents a probabilistic assessment of the coincidence, efficiency and risk management in determining the content of metals in soil and plant systems in the area of the sources of pollution.

Keywords: soils, heavy metals, modeling, environmental risk

ПРОУЧВАНЕ И ПРЕДВАРИТЕЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕКЗОСКЕЛЕТОНИ ЗА ДОЛЕН КРАЙНИК

Симеон СИМЕОНОВ, Иванка ВЕНЕВА

Институт по механика, БАН- София, България

e-mail: monyds@mail.bg

Резюме: Целта на тази статия е да представи преглед на екзоскелетоните за долен крайник и активните ортези, които са разработени до момента. Областите на приложение на тези активни устройства се делят на 3 основни категории: рехабилитационни, асистивни и аугментиращи (усилващи) устройства.

В тази статия ще се фокусираме над асистивните устройства. Тази технология се използва като помощно средство за хора с увреждане на долните крайници, които нормално не могат да ходят сами, и се стреми да им помогне да могат отново да ходят. Асистирането на движението е полезно за целите на рехабилитацията. Асистивните устройства могат да се използват също и при военните, медиците, работниците в склад и други, които имат нужда от допълнителна сила и стабилност за извършване на работната си дейност.

Ключови думи: Активни ортези за долен крайник, асистиране на движението, екзоскелетони

1. ВЪВЕДЕНИЕ

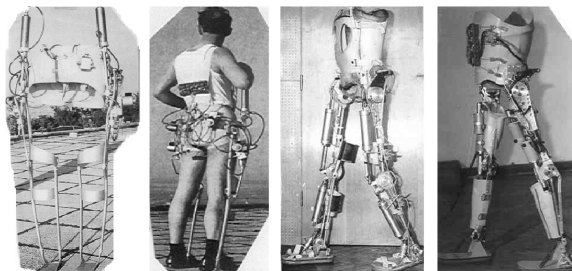
Какво е активна ортеза и как се различава тя от екзоскелетона? Под активни ортези най често се има предвид устройства, които подпомагат и асistirат хората с двигателни проблеми да могат отново да ходят. Под екзоскелетони най често се има предвид устройства които са предназначени да увеличават и аугментират силата на здравия човек. Разликата между двата типа устройства е тънка и често термините „активна ортеза” и „екзоскелетон” се използват като синоними.

Екзоскелетона по дефиниция е трърдата външна структура, която предоставя поддръжка и предпазване. От инженерна гледна точка, екзоскелетоните са носими електромеханични устройства предназначени за увеличаване на силата на човека, който ги носи. Екзоскелетоните като цяло могат да се категоризират на аугментиращи и рехабилитиращи, като първите имат за цел да увеличат силата и производителността на здрав човек, а вторите имат за цел да подобрят процеса по рехабилитация при хора с двигателни проблеми. И двете форми на екзоскелетони са сходни във функционално измерение, разликите са най вече в начина за интеракция с човека и контролирането им [1].

В тази статия ще изследваме разработките и постиженията в сферата на активните ортези и екзоскелетони за долен крайник, разглеждайки техните механизми и хардуер.

2. ИСТОРИЯ И РАЗВИТИЕ НА ЕКЗОСКЕЛЕТОНИТЕ

Разработването на роботизирани ортези започва през 1970-те, когато Миомир Вукобратович от Mihailo Pupin институтът в Белград създава активен асистивен екзоскелетон за долен крайник. Този хидравличен екзоскелетон предоставя флексия и екстензия на бедрото, коляното и глезена, както и странично движение на бедрото (фиг.1).

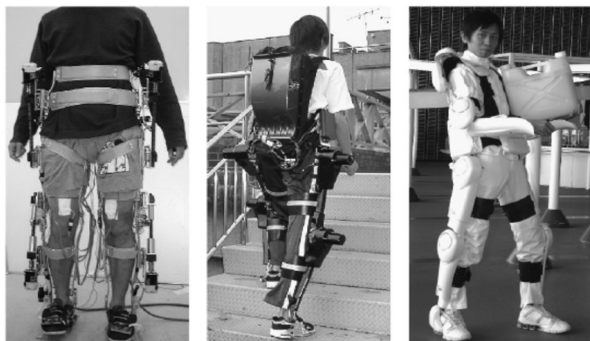


Фиг1. Екзоскелетон на Миомир Вукобратович

Същевременно Seireg и Grundman от Университета в Уисконсин разработват и имплементират екзоскелетон, който подпомага ходенето напред, сядане, ставане, качване и слизане по стълби. Този екзоскелетон също е хидравличен. Екзоскелетонът също така има активни стави при бедрата и колената, позволяващи флексия и екстензия. Останалите степени на свобода при този екзоскелетон са или пасивни или контролирани от пружини. Же-

ланото движение се избира от ползвателя чрез бутони върху контролно табло. Траекторията на движенията е препрограмирана спрямо траекторията на движението на здрав човек [2].

В средата на 90-те Кавамото и Сенкай започват разработката на екзоскелетон HAL (Hybrid Assistive Leg). Първият прототип има активни стави с 1 свобода на движение при бедрата и колената, както и пасивни стави при глезените. Този модел е последван от няколко нови версии на HAL, като най новият модел за момента е HAL 5 (фиг.2). HAL 5 е предназначен за носене само на една страна на тялото, като контролът върху устройството се постига чрез кооперацията на 2 системи: едната задейства задвижващите механизми, а другата запамятава походката на оператора. Функционалността на контролната система се базира на данните получени от EMG (електромиографски) сензори, GRF (Ground Reaction Force) сензори, потенциометри, жирокопи и акселерометри.



Фиг2. Екзоскелетон HAL 1, 3, 5

През 2008г. Argo Medical Technologies (Israel) представят асистивният екзоскелетон ReWalk. Този екзоскелетон има задвижване при коляното и бедрото. Пациентите трябва да използват патерици за подържане на баланс по време на употребата на устройството. Сензори разположени на гърдите следят за ъгъла на тялото, промените в центъра на тежестта и движението на горната половина на тялото на пациента. Употребата на това устройство е ограничена до пациенти, които попадат в определен диапазон на височина и тегло.

През 2010г. Berkley Bionics (USA) представят асистивният екзоскелетон eLegs, който позволява на хора с парализа да стоят прави и да ходят. Този екзоскелетон активно поддържа движението в бед-

рата и колената. Флексията и екстензията при бедрената става се подпомага от твърд еластичен компонент целящ да минимизира не естествената стойка на пациента по време на употреба на устройството, а при глезена има пружинен елемент целящ да предотвратява прекаленото отпускане и падане на палеца на крака. Екзоскелетонът използва система от сензори за мониторинг и контрол: сензори за натиск под стъпалата, потенциометри, акселерометри и жирокоп в гърдите целящи да следят ъгъла на тялото на пациента в сагиталната равнина. И при този модел са необходими патерици за подържане на баланс от пациента по време на употреба на устройството.

През 2012г. се появява екзоскелетонът Rex от Rex Bionics (New Zealand) който може да бъде използван от пациентът без помощта на патерици за баланс. При този модел, двойка роботизирани крайници контролирани от джойстик позволяват на пациента да сядат и да стават, да ходят по прав терен както и да се качва и да слиза по стълби. Също така екзоскелетонът може да бъде адаптиран за пациенти с най различна височина, тегло и медицински нужди (фиг.3).



фиг3. Екзоскелетон REX

През 2010г. Vanderbilt University започва разработка и тестове на техен екзоскелетон, предназначен за употреба от хора с гръбначни наранявания. Този екзоскелетон подпомага движението на пациента, като предоставя активна поддръжка на движението при бедрата и колената. Предназначен е за употреба със стандартна глезенна ортеза, която да поддържа стъпалото и да предотвратява падането на стъпалото по време на походка. Ставите се контролират от команди за траектория на движението, зададено от „finite state machine”, която има 12 състояния, всяко от което е дефинирано от определени траектории. Преходът от едно състояние към друго при тази „finite state machine” се случва

спрямо проекцията на позицията на центъра на тежестта в равнината на пода (повърхността за ходене). По този начин пациентът може да контролира ортезата с тялото си. В допълнение към ходенето, тази ортеза позволява ставане и сядане. В един от експериментите, параплегичен пациент демонстрира способност за ходене със средна скорост от 0.8км/ч. Екзоскелетонът има тегло от 12.3 кг и може да се използва от пациенти до 90кг. През 2015 този екзоскелетон излиза като комерсиален продукт под името Indego.

През 2019г. университета в Гренобъл разработва нов тип екзоскелетон, чиято цел е да позволи на парализиран пациент да се движи отново, контролирайки екзоскелетона директно чрез мозъчни сигнали. Парализираният пациент на име Thibault успешно успява да ходи и да използва ръцете си, да докосва предмети използвайки екзоскелетона. За целта на връзката между мозък и машина, два 5 сантиметрови диска, всеки с по 64 електрода, са поставени върху черепа на пациента. Пациентът допълнително се упражнява във виртуална реалност да контролира виртуален екзоскелетон, използвайки сигналите от електродите. Thibault е вторият парализиран пациент (и първият успешен) който участва в експеримента, след като при първия пациент резултатът е неуспешен, поради технически проблеми свързани с отчитане на мозъчните сигнали от електродите. Този екзоскелетон е далеч от това да бъде комерсиално достъпен или приложим, към момента може да се използва само в лабораторни условия, тъй като екзоскелетонът се нуждае от поддръжка отгоре за баланс, тежи 65 кг и електродите имат нужда от експертна поддръжка и калибриране за да работят. Все пак постигнатите резултати са забележителни и учените от университета grenoble alpes смятат да продължат експеримента с още трима нови пациенти.

Екзоскелетоните за рехабилитация могат да бъдат базирани на бягаща пътека (Lokomat, LOPES и ALEX). За разлика от роботите за рехабилитация, които често са оборудвани със система за поддържане на телесно тегло, преносимите мобилни медицински екзоскелетони изискват пациентът да се балансира.

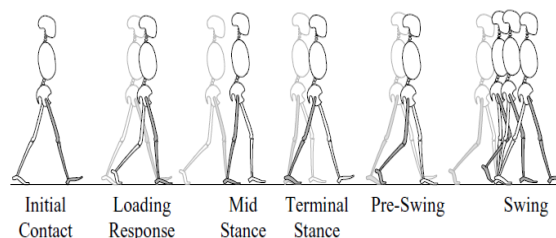
За задвижването на ставите на екзоскелетона се използват предимно двигатели или пневматични мускули. Фокусните зони са контролът на задвижващите механизми, сензорите, откриването на

предвиденото движение на потребителя, взаимодействието човек-машина, осигуряващо самото задействане, комфорта на потребителя, безопасността или теглото на прототипа.

3. СЪОБРАЖЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ НА ЕКЗОСКЕЛЕТОНА

При разработката на екзоскелетон за долен крайник е необходимо да вземем следните неща под внимание: разбиране на биомеханиката на долната част на тялото, най-вече при таза, колената и глезените, физическия интерфейс между човека и екзоскелетона и пренасянето на механична енергия от екзоскелетона към човека (неправилният дизайн би довел до сериозен риск от травми), системите за контрол и интеракция, чрез които пациентът управлява и задава желаните движения, разработването на енергиен източник и задвижвания, задвижващи механизми, клинични предпоставки и др [1].

Нека да разгледаме биомеханиката на долната част на тялото. Движенията на които се набляга при рехабилитация на походката са ходенето, ставането и сядането. Движенията свързани с ходене се делят на 2 основни фази: фаза на стоеж (*опорна фаза*) и фаза на пренос (*фаза на летеж*) в сагиталната равнина. Допълнително можем да разделим тези 2 основни фази на няколко елемента, при фазата на стоеж имаме елементи на първи контакт на петата, преместване на тежестта, средна фаза и крайна фаза с контакт на пръстите, при фазата на пренос имаме елементи на начален замах, средно положение и крайна фаза на крачката.



фиг4. Фази на походката в сагиталната равнина

Типичните за човека движения в долната част на тялото, като степени на свобода (DOF), обхват на движението (ROM) и въртящия момент за зад-

вижването на всяка една от ставите са представени в таблица 1.

табл.1 Характеристики на движение за долен крайник.

	Става	Долен крайник
Степени на свобода	Таз	6
	Тазобедрена става	3
	Коляно	2
	Глезен и стъпало	4
Диапазон на движение (°)	Тазобедрена става	140/15 (a) 40/30-35 (b) 15-30/60 (c)
	Коляно	120-140/0-10 (a)
	Глезен и стъпало	40-50/20 (a) 30-35/15-20
Въртящ момент (Nm)	Тазобедрена става	140/120 (a)
	Коляно	140/15 (a)
	Глезен и стъпало	b (a)

(a) Флексия/Екстензия (b) Абдукция/Аддукция (c) Вътрешна/Външна ротация

4. ДИСКУСИЯ

При дизайна на екзоскелетона е важно да разберем нуждата от мощност за всяка отделна става. Именно тук анализът на походката е полезен да ни помогне да разберем как силата варира и се разпределя спрямо бедрата, колената и глезените. Начинът по който силата се разпределя по тези стави варира значително в зависимост от това колко бързо човек ходи, дали се качва/слиза по хълм или стълби.

Едно от сериозните предизвикателства е да се разбере за всеки пациент конкретно колко сила и къде му е необходима, както и точно в кой момент тази сила да се активира. Прекалено много или прекалено малко сила би направила устройството неизползваемо, но нагласянето според нуждите на всеки пациент означава, че трябва много време и усилия за персонализиране на всеки екзоскелетон.

Разбирането на биомеханиката на долната част на тялото, най-вече при таза, колената и глезените, физическия интерфейс между човека и екзоскелетона, системите за контрол и интеракция, чрез които пациентът управлява и задава желаните движения, разработването на енергиен източник и задвижвания са ключовите елементи които трябва

да вземем под внимание при разработката на екзоскелетона.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въпреки значителния прогрес в развитието на технологиите за асистивни екзоскелетони, все още индустрията е далеч от това да може да ги комерсиализира и да ги направи наистина атрактивни и подходящи за хора с двигателни увреждания. Един от основните проблеми е високото потребление на енергия на тези устройства спрямо ограничените ресурси на батериите. При евентуални подобрения на технологиите за батерии, това би довело до повече портативност, мобилност, удължен период на работа и по голяма практичност за всекидневна употреба на устройствата. Други предизвикателства в дизайна на асистивните екзоскелетони са антропоморфните механизми и системи за контрол над устройството. Екзоскелетоните често са неестествени като форма, шумни и бавни. Този проблем на роботиката може да бъде решен чрез разработването на по-ефективни задвижвания, стави и изкуствени мускули.

Изключително интересна е идеята да се свърже контролът на екзоскелетона с мозъка на пациента чрез имплант, засега тази технология е в много ранна фаза, но по-нататъшното ѝ развитие би могло изцяло да реши едно от най-основните предизвикателства при асистивните екзоскелетони, а именно как пациента да контролира лесно и естествено движенията на машината, все едно тя е част от неговото тяло.

Литература

1. **Taha Z., Anwar P., Majeed A.**, Preliminary Investigation on the Development of a Lower Extremity Exoskeleton for Gait Rehabilitation: A Clinical Consideration Engineering and Technology Publishing, Journal of Medical and Bioengineering Vol. 4, No. 1, 2015
2. **Viteckova S., Kutilek P., Jirina M.**, Wearable lower limb robotics: A review, Elsevier Urban & Partner Sp., Biocybernetics and Biomedical Eng. 33 (2013) 96 – 105,
3. **Simeonov S., Veneva I.**, Active orthoses of the lower limbs. Survey and preliminary investigations, ADP 2018
4. www.newscientist.com/article/2218863-a-mind-controlled-exoskeleton-helped-a-man-with-paralysis-walk-again/
5. [Wikipedia/Orthotics](https://en.wikipedia.org/wiki/Orthotics)

STUDY AND PRELIMINARY INVESTIGATION OF LOWER LIMBS EXOSKELETONS

Simeon SIMEONOV, Inanka VENEVA

Institute of mechanics BAS, Sofia, Bulgaria

e-mail: monyds@mail.bg

Abstract: The purpose of this paper is to present an overview of exoskeletons for the lower limb and active orthoses that have been developed to date. The areas of application of these active devices are divided into 3 main categories: rehabilitation, assistive and augmenting (amplifying) devices.

In this paper, we will focus on assistive devices. This technology is used as an aid for people with lower limb disabilities who cannot normally walk alone, and seeks to help them walk again. Movement assistance is useful for rehabilitation purposes. The nurses, soldiers, warehouse workers and others who need additional strength and stability to carry out their work, can also use assistive devices.

Keywords: Active lower limb orthoses, assisted movement, exoskeleton

A SHORT REVIEW OF THE 3D PRINTING METHODS USED IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

Tsvetomir GECHEV

Department of combustion engines, automobiles and transport, Technical University of Sofia, 8, Kl. Ohridski blvd., 1756, Sofia, Bulgaria; tsvetomir.gechev@tu-sofia.bg

Abstract: Three-dimensional (3D) printing is a novel production technology used mainly in the industry and the leisure sectors, which has proven to be very efficient and reliable, as well as faster and cheaper than some of the traditional production technologies. In the industry it is especially applied for the creation of prototype parts, but its repeatability, precision, utilization of different materials and the variety of available printing methods, have made it suitable for medium scale production in the building, automotive, aeronautical, biotechnology and other sectors. The popular Fused Deposition Modelling (FDM) printing method has made the technology widely available, thus empowering engineers to easily test the functionality of their designs. This article aims namely at briefly reviewing the 3D printing methods used in the automotive industry, by highlighting their advantages and disadvantages, describing their exact applications, and also mentioning real-world examples and projects.

Keywords: 3D printing, automotive, industry, vehicles, additive manufacturing, FDM.

1. INTRODUCTION

Three-dimensional (3D) printing, also known as “additive manufacturing”, or as “rapid prototyping”, is a production technology for creation of three-dimensional objects (also called “prints”) that originated in the 1980s. It utilizes different materials (polymers, metals, ceramics, glass and others) depending on the structure of the used printer and the applied technique (extrusion-based, resin-based, or powder-based). The term “additive manufacturing” emerged due to the main principle of the technology which is adding layer by layer of material in order to achieve the desired shapes of the object. “Rapid prototyping” is linked to the onetime usage of the technology exclusively for prototypes, but it is no more appropriate, since the precision, repeatability and cost of conventional 3D printers have made it possible to produce various parts, molds and model replicas [2].

The novel technology of 3D printing has been used in sectors such as industry, building, medicine, leisure, and defense, among many others. Normally, printers vary in prices between 200\$ and 500,000\$ [16]. An open-source initiative that started in 2005 in the University of Bath called RepRap made it possible for 3D printing to become widely accessible and enter our homes. Thus, nowadays the technology is applied not only for parts and prototypes, but also for leisure and educational models, miniatures and tooling created by DIY enthusiasts. Many universities, libraries and education centers have been equipped with 3D printers for

academic and community use. There exist many designs and models freely available on internet platforms that are dedicated exclusively to 3D printing.

Additive manufacturing has become so successful because of its ability to create very complex geometries and structures, even hollow ones. It is currently the technology which guarantees the highest level of customization of produced objects. Moreover, parts’ geometry optimization is a standard practice across the industry – the requirement is to manufacture parts that are robust enough, yet such that consume the least amount of material, thus potentially cheaper. This is possible by removing the material which is not subject to stress. These optimized designs are difficult or impossible to produce without using 3D printing somewhere along the production chain [19]. Additionally, some of the printing techniques are not only a few times faster, but also a few times cheaper than certain conventional production technologies – this enables the adoption of manufacturing on-demand.

The automotive industry in particular is facing challenges every day – there is demand for lighter, safer, faster, and overall better-performing vehicles. This requires for enhancement of the design, manufacturing, supply chain, and logistics of the industry - for this reason, 3D printing has been researched for successful implementation in the industry. The aim of this article is to be as a contribution to the global efforts for promotion of the technology in the automotive sector. Thus, it briefly reviews 3D printing fundamentals and describes and compares the suitable

available methods. It also gives examples for the exact application of each of the methods in the automotive industry.

2. 3D PRINTING FUNDAMENTALS

The sequence for creation of an object via additive manufacturing comprises of a few steps – Figure 1. Firstly, the object is modelled in a CAD software, then

exported to a suitable format that is readable by the slicing software. The slicing software is responsible for the generation of thousands of cross-sections that define how the object's layers are to be constructed; it also generates the code by which the printing machine is instructed to place these sections. After the object is sliced, its code can be loaded in the printer and the process begins. Once the object is ready, post-treatment processes may be applied in order to better its quality.

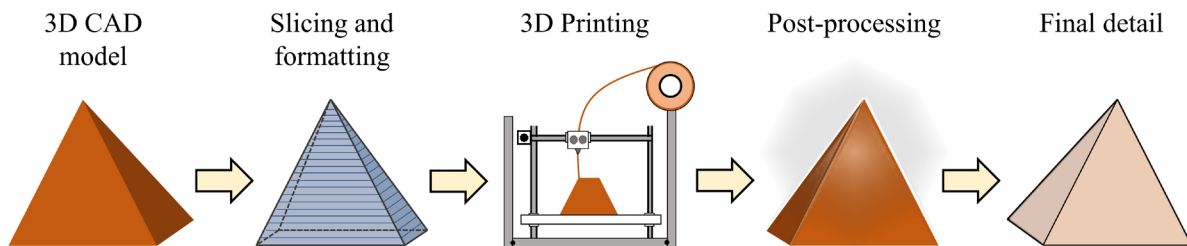


fig. 1. Production sequence for a 3D printed object

Certainly, the slicing software and the 3D printer both have a number of options regarding the speed and temperature of the printing process, as well as layer thickness and geometry of the cross-sections. There are many other options that depend on the printing technique, size of the printing machine, size of the printed object, and type of material, which are managed according to the desired quality of the product. In some of the printing techniques sometimes a compromise between the printing time and the quality of the printed object should be worked out.

Material for the printing, no matter whether extrusion filament cord, resin, or powder, should be continuously fed to the material-dosing head in order for the process to take place. The objects are normally attached to a print bed or a platform which may be able to move in the Z axis in order to free up space for the next layer to be constructed. Good thermal management of the printer and sufficient material are necessary to manufacture an object of satisfying quality.

In comparison to injection molding, additive manufacturing does not require expensive punches, molds and tooling. In comparison to cutting-based machinery, there is less waste material (as much as 40%) and this waste material can be recycled to some extent. In the subtractive technologies as much as 96% of the raw material may be removed in order to create the final item. Additional advantages of 3D printing over these two conventional production technologies are the quick

production of initial models and the very low cost of limited production runs [4]. Generally, the current limitations of 3D printing are the low mechanical properties of the products, mostly due to the layered structure of the printed objects; the low material variety of some methods; and the low productivity and high investment cost of some of the methods.

3. 3D PRINTING METHODS AND MATERIALS FOR AUTOMOTIVE PURPOSES

2.1 Extrusion-based

2.1.1. FDM/FFF

Extrusion-based 3D printing is the most common technique for 3D printing. A typical extrusion-based FDM printing machine is shown in Figure 2: **a**) – material is fed in the form of cord through an extruder, a heater and a nozzle – deposition head **b**), which are fixed on an axis profile with controlled movement by a motor **c**). The desired object **d**) is printed on the print bed **e**) and in the print area **f**), layer by layer due to the cooling of the material and the adhesion. The print bed may also be heated. An extrusion-based printing machine resembles to a great extent the multi-axis cutting machines. The construction of the printer may differ depending on the producer's distinct design.

In FDM the raw material moves through Bowden tubes. The tubes are attached via connectors to the extruder and the hot end. The hot end is heated to the

melting range of the material and by means of the dosing nozzle the object is built carefully layer by layer. In some FDM printers (cartesian type – Figure 2) the print bed moves in X axis and the deposition head in Y and Z axes, but in other printers the bed moves in the Z axis [1]. Overhang surfaces are printed by means of support structures that are less dense than the actual object which makes them easy to remove – Figure 3.

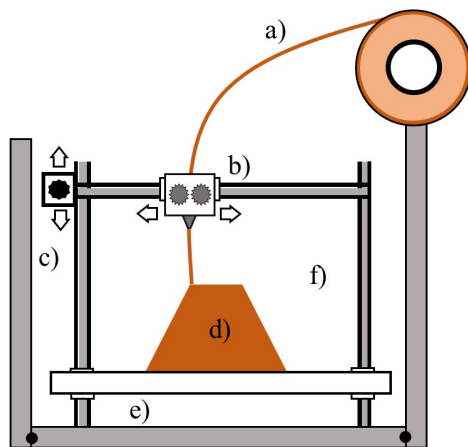


fig.2. Simple schematic of a 3D printer utilizing an extrusion-based technique, figure inspired by [25]

The quality of end surfaces and the mechanical properties of the printed objects strongly depend on factors such as printing temperature, layer height, layer thickness, printing direction, nozzle temperature and diameter, infill, air gap and build styles [9].

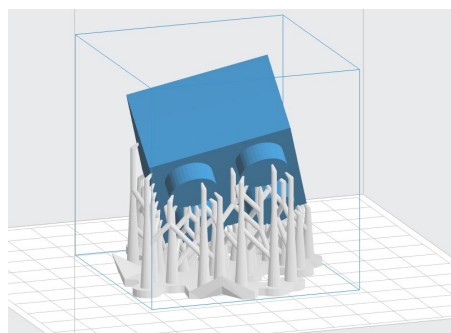


fig.3. A model for 3D printing with supported overhang surfaces [24]

3D printing nozzles are made of stainless steel or brass alloy due to their tight fabrication tolerances and high thermal conductivity [3]. The profiles of an FDM

3D printer are usually made of aluminum, while the housing is plastic. Many times, 3D printed parts are also implemented in the housing of the printer.

Some of the used materials in FDM printing are: PLA, ABS, thermoplastic elastomer (TPE), polyethylene terephthalate (PET), PLA with wood, PLA with metal, and other polymers and polymer composites.

PLA (polylactic acid) is made by corn crops fermentation and is compostable. It is non-toxic, hard, yet brittle and is printed at a wide range of temperatures (170-230 °C). Due to its good properties, it has many applications, including in the automotive industry. ABS (acrylonitrile butadiene styrene) is oil-based and is resistant to impact, wear, high temperatures, and as PLA – has low cost and many applications. ABS can be printed in temperatures ranging 215-250 °C [3]. TPE is a material with great flexibility and may be fed directly to the extruder without a Bowden tube, printed at 180-230 °C for elastic parts and seals. PET is similar to ABS and possesses all its advantages, yet it absorbs moisture easily [1]. FDM can also apply multi-material and multi-color printing by extruding a few materials to a single nozzle or by employing a multi-nozzle design.

Post-processing of FDM-printed objects is not always mandatory, but mostly comprises of laying paintings, coatings, vapor depositions, sanding and polishing. Even though the FDM technique is widely utilized and is very well studied, it has some limitations – processing mostly of polymer-based materials, low rate of production due to low printing speeds, frequent anisotropy defects of the final 3D pieces, long post-processing to achieve desired finish surfaces.

2.2. Resin-based

2.2.1 Stereolithography (SLA)

The resin-based stereolithography 3D printing technique is another cheap and widely accessible technique like the extrusion-based FDM. The basic principle of resin-based 3D printers is illustrated in Figure 4. The device (laser or DLP) **a**) illuminates **b**) a thin layer of a transparent plate **c**) from underneath. This plate is the bottom of a tank full of photopolymerizing resin **d**) which is a raw source material for the already hardened polymerized object **e**), dragged by the platform **f**).

Stereolithography is the main resin-based production technique. The polymerization of photosensitive resin is done by means of an UV laser. The resin solidifies when illuminated by the laser and layers are

formed one over another as the platform holding the printed object moves. Two mirror galvanometers and a series of mirrors guide the laser to the correct coordinates according to the code of the loaded sliced 3D model. Two approaches exist: a top-down one, shown in Figure 4, and a bottom-up one, where the laser is in the top part of the printer and the platform moves downward. The top-down approach is advantageous and increasingly being applied in contemporary printers as the illuminated surface is always smooth, re-coating is not required, and printing times may also be reduced as it is possible to cure full layers of resin at once by projecting two-dimensional patterns onto the transparent plate (DLP – Digital Light Processing). In the bottom-up configuration forces are exerted on the printed object when each cured layer detaches from the tank – the bigger the layer, the bigger the forces [7].

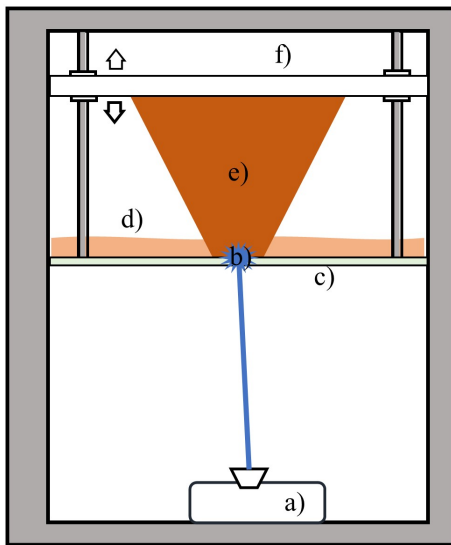


fig. 4. Simple schematic of a 3D printer utilizing a resin-based technique, figure inspired by [26]

It is essential to control layer thickness in stereolithography. The cure depth of a given resin depends on energy of the light to which it is exposed. This energy can be controlled by alternation of different parameters such as power of light source and exposure time. The process requires usage of supporting structures just like in extrusion-based printing – Figure 3. Mainly, the technique is applied for small objects with high surface detail needed for prototyping, or it can also be used for making of molds. It guarantees faster printing time than

FDM and smooth surface finish. Post-processing includes additional curing, washing and drying.

There are few commercially-available resin types to be used in stereolithography. These resins are based on multi-functional monomers with low molecular weight that are mostly rigid and glassy, yet brittle. There also exist resin types with high molecular weight employed for creating of elastic parts. Ceramic powder may be included in the resin to a maximum rate of 53% wt in order to print composite objects. The powder particle needs to be smaller than the layer thickness and the resin's viscosity should be well-managed to achieve successful prints. Such composite objects are stronger than polymer-based ones [7].

New types of resins are being developed constantly to enable creation of SLA-printed objects with different properties. Unlike FDM printing though, for SLA it is hardly possible to perform multi-material printing. Another challenge for SLA may be the removal of uncured resin as some of types resins are toxic. Moreover, SLA printers tend to cost more than FDM ones from the same class and size.

Two variations of SLA are Digital Light Processing (DLP) and Liquid Crystal Display (LCD) 3D printing. DLP projects full pixel-patterned light images for each layer, thus curing the layer at once. The light is reflected on a Digital Micromirror Device (DMD) which directs it to the transparent bottom of the resin tank. Because of the digital screen used, the images comprise of square pixels, thus each layer is made out of voxels [17]. The resolution depends on the projector as it sets the number of pixels the image has, making it less scalable than SLA, so most DLP printers are optimized for specific print sizes and objects. DLP is faster when printing larger parts and larger build volumes due to its working principle.

LCD 3D printing is similar to DLP but it flashes the complete UV layers through an LCD directly onto the print area. The light is not expanded; therefore, pixel distortion is less common than in DLP. The printing quality depends on the number of pixels the display has, and likewise to DLP, printing times are shorter for larger items and larger volumes in comparison to SLA. For all three printer types good calibration must be achieved for satisfying quality. In general, DLP printers tend to have the highest prices [21].

Another interesting resin-based technology that is somewhat similar to FDM is Polyjet printing. Polyjet also utilizes polymeric resin like SLA, DLP and LCD

printers, but the material is deposited (jetted) directly onto the print bed by an array of small nozzles and is cured immediately after by the UV lamps that are housed in the deposition head. This technique is certainly faster than SLA, it is easier to manage multi-color and multi-material printing with it, it requires less post-processing, and the need for managing of a tank, full of potentially toxic resin, is eliminated. However, Polyjet is significantly more expensive than SLA.

2.3. Powder-based

This approach comprises of selective curing of powder to form the layers of the printed object. A simple schematic of the technique is presented in Figure 5. A moving deposition head **a**) creates the layers of the object **b**) by dropping glue/binder or by laser sintering of the powder bed **c**). Once a given layer is ready, the platform **d**) moves down, freeing space for the leveling mechanism **e**) to distribute new uncured powder from the powder reservoir **f**) to the powder bed. The printed item rests in the unfused material and so overhang surfaces and thin walls are supported without auxiliary constructions like the ones used in the extrusion-based and resin-based techniques, which enables the manufacturing of very complex structures. Only fully closed yet hollow objects are not attainable with the technique since the unused powder inside the object needs to be extracted.

2.3.1 Selective laser sintering (SLS)

SLS, or also known as Direct Metal Laser Sintering – DMLS in cases when the applied material is metallic, utilizes a laser to selectively sinter patterns in each successive powder layer. The process has three stages: a) warm-up, during which the powder is heated to the processing temperature, b) build phase, in which the desired CAD object is created, and c) cool down, where the powder is cooled to ambient temperature [5]. The processing temperature is close to the melting temperature of the material in order for the laser to easily reach the melting point of the material. The narrower the temperature melting zone is, the closer the operating temperature can be maintained near it without risk of curing all the material which allows the laser to sinter fast and efficiently [8].

Qualitative sintering is obtainable by employing pure powders with isotropic structure. Powder particles with the best layering options are those that have spherical form and a diameter accounting to approximately half

of the layer's thickness. The layer thickness is dependent on the diameter of the laser beam.

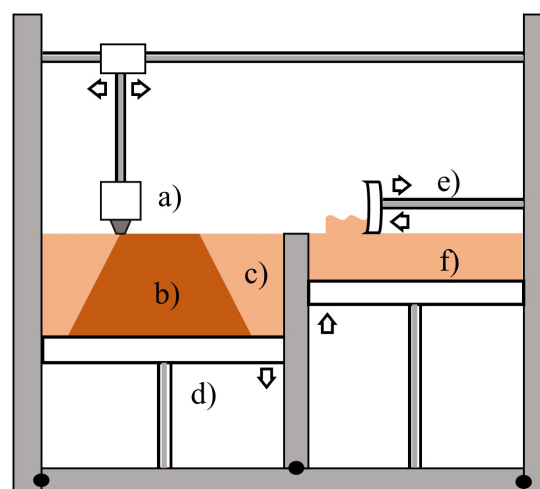


fig. 5. Simple schematic of a 3D printer utilizing a powder-based technique, figure inspired by [27].

SLS uses many different materials – polymers (PA – polyamides, PLA, PET, PVA – Poly Vinyl Alcohol, TPE, and others, including their composites) and metallic materials (stainless steels, aluminum, titanium, precious metals, Inconel, and others). DMLS is mostly applied for higher volume productions of smaller parts and also for single big objects when laser metal deposition (LMD) cannot be used (discussed later in the article). The most common and easiest material for 3D sintering is Polyamide-12 [5].

SLS and DMLS produce objects free from residual stresses and internal defects. DMLS can not only produce prints of close quality to such made by traditional production technologies like forging and casting, but it can also assure shorter production times for prototype parts, less tooling and fewer post-processing operations. Generally, SLS prints have complicate structures with good mechanical properties and good chemical resistance. They can also be dyed to almost any color.

There are, nonetheless, a few downsides of the selected techniques: the porous end-surfaces that need finishing; the possible anisotropy of the layers common for all 3D printing techniques; the present high price of commercial printers; not all of the unused powder is recyclable.

2.3.2 Multi Jet Fusion (MJF)

MJF also extensively applies Polyamid-12 and other polymers, but the working principle is slightly

different in comparison to SLS. A fusing agent and a detailing agent are applied over the powder via a deposition head much like in inkjet printing, then another head exposes the powder bed to UV light. The powder soaked with fusing agent melts under the light, while the areas with detailing agent remain loose in order to define the exact borders of the object for dimensional accuracy [18, 28].

MJF guarantees higher density and lower porosity of the produced parts than SLS. Better surface finish, less post-processing and higher productivity is also evident. Additionally, as much as 80% of the powder material for each printing process may be recycled. However, MJF has less material and color variety than SLS and is still relatively expensive.

Binder jetting is a similar method to MJF which only applies a binder agent without irradiating the powder bed with a laser or a light beam. It uses metals, polymers and ceramics, has the same productivity as MJF, and can print objects in full color. This technique is particularly good for creation of sand molds. The method is not suitable for structural parts due to the use of binder agent. Post-processing (furnace sintering and finishing) is required. The cost, likewise to SLS and MJF, is still high.

2.4. Other types/hybrids

2.4.1. Laser metal deposition (LMD)

LMD, also referred to as directed-energy deposition, is one of the main types of additive manufacturing that employs metallic materials. It guarantees almost no waste material, short production times, and energy savings. The method applies a high-power laser beam which fuses layers of metal. LMD could be classified as both extrusion-based and powder-based since the material is supplied to the deposition head (nozzle) over a metal substrate in the form of wire or powder – Figure. 6. The deposition head movement is accomplished by a multi-axis robot.

The material **a**) is fed through manifolds in the deposition head directly onto a surface **b**) where the laser beam **c**) generates a molten pool **d**). This allows for good adhesion of the layers **e**) as the liquid metal is held by the already hardened metal layers through surface tension in the fusion zone **f**), thus, material deposition in every wanted direction is feasible. The laser beam is typically focused by lenses at a single spot, travelling through the center of the deposition head. The process often utilizes inert gas **g**) sprayed at

the molten pool in order to protect the created object from oxidation [6].

The process is applicable for both the creation of new items, and for repairing and coating of existing ones, mostly for industrial purposes. It supports stainless steel, aluminum, copper, titanium, Inconel (nickel-chromium-based superalloy) and even ceramics [1]. An extension of LMD is Electron Beam Melting (EBM) which is very similar but uses an electron beam rather than laser for the melting of the powder. EBM uses primarily titanium alloys for production of parts for the aerospace industry.

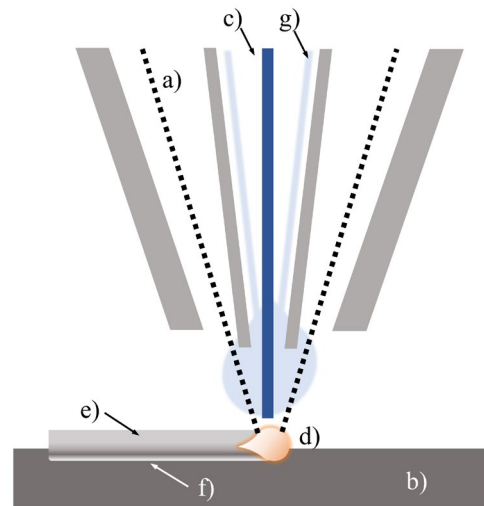


fig. 6. Simple schematic of the LMD working principle.

This production method has several limitations – poor finish surfaces that require post-treatment; low resolution since the layer thickness is dependent on the diameter of the laser beam; possible anisotropy and deviation from the set layer dimensions due to the distinctive cooling of each of the layers. In terms of the physical form of the fed material, powder LMD is a more refined and controlled process in comparison to wire LMD, by guaranteeing better deposition rates, and promoting good properties of the final prints. It also enables robotic control and powder can easily be continuously supplied. On the other hand, wire LMD is cheaper, with lower equipment complexity, nearly 100% material usage efficiency and is generally less toxic than powder LMD [6]. In Table 1 are presented the general advantages and disadvantages of the selected 3D printing methods.

Table 1. Advantages and disadvantages of the selected 3D printing methods used in the automotive industry.

Method	Materials	Advantages	Disadvantages
FDM	PLA, ABS, PET, TPE, other polymers, polymer matrix composites.	<ul style="list-style-type: none"> • Low initial investment cost and low cost of materials. • Good surface finish, may not require post-processing. • Widely accessible, modular printer designs with high flexibility. 	<ul style="list-style-type: none"> • Support structures required. • Long printing times, low productivity. • Worse quality than SLA and SLS.
SLA	Polymeric photosensitive resins; resin matrix composites.	<ul style="list-style-type: none"> • Low initial investment cost for some printer models. • High accuracy with very good surface finish, high thermal durability of printed parts. 	<ul style="list-style-type: none"> • Support structures required. • Handling of toxic resin, ventilation required. • Long printing times, low productivity, requires post-processing such as washing and curing. • Low variety of available materials and complex for multi-color printing.
LCD/DLP	Identical to SLA.	<ul style="list-style-type: none"> • Low initial investment cost for some printer models. • High accuracy with very good surface finish, high thermal durability of printed parts. • Relatively short printing times with good productivity. 	<ul style="list-style-type: none"> • Support structures required. • Handling of toxic resin, ventilation required. • Low variety of available materials and complex for multi-color printing. • Less scalable than SLA.
Polyjet	Identical to SLA.	<ul style="list-style-type: none"> • High accuracy with very good surface finish, high thermal durability of printed parts. • Short printing times with good productivity. Printing in full color. • Less post-processing and more scalable than SLA/DLP/LCD. 	<ul style="list-style-type: none"> • Support structures required. • Handling of toxic resin, ventilation required. • Low variety of available materials and also more costly investment than SLA/DLP/LCD.
SLS/DMLS	PLA, PA, PET, PVA, TPE, other polymers and their composites; stainless steels, aluminum, titanium, precious metals, cobalt and nickel alloys.	<ul style="list-style-type: none"> • Good accuracy and good chemical resistance of produced objects. Good productivity. • Can produce very complex objects and has a variety of materials. • No support structures required. 	<ul style="list-style-type: none"> • Expensive initial investment and expensive powder. • Requires post-processing. Porous surfaces that need finishing.
MJF	Polyamid-12 and a few other polymers.	<ul style="list-style-type: none"> • Better accuracy and surface quality than SLS, very good productivity, less post-processing than SLS. • Can produce very complex objects, up to 80% of the unfused powder can be recycled, no support structures. 	<ul style="list-style-type: none"> • Expensive initial investment and expensive powder. • Handling of agents additional to powder material. • Structurally weaker objects than SLS.
Binder jetting	Polymers, iron, stainless steel, ceramics, sand.	<ul style="list-style-type: none"> • Better accuracy and surface quality than SLS, very good productivity. • Can print well ceramics and sand for molds. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identical to MJF.
LMD/EBM	Stainless steel, aluminum, copper, titanium, Inconel, ceramics.	<ul style="list-style-type: none"> • No support structures required. • Can be used for repairs of existing objects. • Denser parts than DMLS. 	<ul style="list-style-type: none"> • Expensive initial investment and expensive powder. • Requires post-processing. Poor resolution and surface finish. • Low material variety and lower productivity than SLS.

3. APPLICATIONS

3.1. Educational models, prototypes, replicas, molds

Desktop-based FDM and SLA printers easily produce detailed models and scaled replicas for educational purposes at very low cost for reasonably short times. Models of given aerodynamical components or whole scaled racing cars for measurements of the drag coefficient in wind tunnels are very common – Figure 7 a). Production of RC vehicles, as well as powertrain, gearbox and suspension models, is also feasible with the same techniques of 3D printing – Figure 7 b).

Design validation by making prototypes of future massively produced parts is achievable via all the mentioned methods depending on the structure complexity, material type and the required surface finish.

3.2. Sand casting molds, molds for carbon fiber parts

Binder jetting is very convenient and brings new designs for sand molds for casting due to the possibility to print 3D modelled molds – Figure 7 c). Parts of molds that are later built into a single advanced one can also be produced easily guaranteeing complex casted prototypes. The molds produced by binder jetting potentially have better properties than those produced by

traditional methods [10]. FDM and SLA printing, on the other hand, are very cheap and convenient for production of small molds intended for making of fiber carbon parts used in the automotive industry [14].

3.3. Standard parts, customized parts, tooling, whole vehicles

Individual parts can be produced via additive manufacturing techniques. Koenigsegg applies it for some of the parts of its supercars such as the turbocharger, Porsche prints seats, while Rolls Royce – brackets; brake discs have been created by Ford, brake calipers by Bugatti – all these parts are printable by the two techniques employing metallic materials – DMLS and LMD [11] – Figure 7 c). Additive manufacturing can potentially be a great possibility for automotive OEMs to enhance not only their design and manufacturing, but also the supply chains by outsourcing the production of specific parts to small manufacturers with 3D printing stations for fast production on-demand. Other good niches for additive manufacturing technologies concerning the automotive industry are production of customized driver-specific parts, such as seats and steering wheels, and production of discontinued parts for older vehicle models.



fig. 7. Example of 3D printed objects: a) – FDM RC F1 racing car [13]; b) FDM and SLA-printed scaled replica of an internal combustion engine [15]; c) sand mold made by binder jetting and the metal object created by sand casting using the same mold; the same metal part can also be produced by using SLS or LMD [23]; d) autonomous electric shuttle “Olli” with 80% of the parts and components being 3D printed [20].

Moreover, complete vehicles can also be created using additive manufacturing – the autonomous shuttle “Olli” by Local Motors is a real-world example, with 80% of the parts being 3D printed and 100 % recyclability with its main structure being created by the largest commercial FDM printers in the world as of 2020. “Olli” has a modular build block construction with 90% fewer parts than a traditional vehicle that can be customized and greatly lowers the energy consumption during production. The used material is a

composite polymer and it takes around 9 hours to print the chassis of Olli [22].

Volkswagen are also exploring the options of 3D printing – in one of their factories - Autoeuropa, in-house production and usage of 3D FDM-printed jigs, tools and fixtures has been implemented, as the company claims enormous saving in time and cost in comparison to the traditional sourcing [12].

4. CONCLUSION

Three-dimensional printing has been rapidly developing and has the potential to become one of the main production technologies for the industry. In the automotive sector alone are applied more than five different additive manufacturing techniques for the fast and efficient production. More precisely, all the mentioned technologies can be applied for automotive prototypes and polymeric tooling, and parts in cases when non-metallic materials are used, while DMLS and LMD are suitable exclusively for metallic parts and prototypes. Polymer and metal molds are also producible with most methods, depending on the material, but binder jetting is particularly good for sand molds. Molds for production of big carbon fiber parts and for whole chassis sections can be easily and cheaply printed via FDM.

Many automotive companies are exploring the possibilities that 3D printing has offer and have already enhanced their portfolio with advanced designs whose production is the most feasible namely when applying this technology. Moreover, additive manufacturing is fast and cheap for prototyping, and presents a satisfactory variety of workable materials given the requirements of the automotive industry. It has the potential to decrease production times and costs, reduce the dependency of OEMs on external suppliers, and enable the creation of mass customization production.

Nonetheless, 3D printing still lacks the maturity and power of traditional production technologies:

- It has low productivity in terms of mid to large-scale high-volume production.
- The properties of produced objects are somewhat lower due to the presence of layers in the construction - anisotropy and slight deviations from the dimensions are possible.
- Some of the 3D printing techniques still require very high capital investments.

Even given these disadvantages, the outlooks for the technology are very positive, and it is expected to rapidly develop during Industry 4.0, by enhancing the used techniques for faster and larger productions and by applying new materials, thus becoming more sustainable and more competitive to traditional production technologies.

Acknowledgement

All the figures and images used in the article are licensed under Creative Commons (CC), inspired by and built upon

other images that are licensed by CC, or self-made by the author.

References

1. **A. Cano-vicent et al.**, Fused deposition modelling: Current status , methodology , applications and future prospects, *Additive Manufacturing* 47, (2021).
2. **A. Jandyal, et al.**, 3D Printing – A Review of Processes, Materials and Applications in Industry 4.0, *Sustainable Operations and Computers* 3, 33 (2021).
3. **A. Saxena**, A Comprehensive Study on 3D Printing Technology, *MIT International Journal of Mechanical Engineering* 6, 63 (2016).
4. **B. Berman**, 3-D printing: The new industrial revolution, *Business Horizons* 55, 155 (2012).
5. **B.O. Sivasdas, I. Ashcroft, A.N. Khlobystov, and R.D. Goodridge**, Laser sintering of polymer nanocomposites, *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research* 4, 277 (2021).
6. **F.Q. Ramalho et al.**, Study of Laser Metal Deposition (LMD) as a Manufacturing Technique in Automotive Industry, *Lecture Notes in Mechanical Engineering* 225 (2020).
7. **F.P.W. Melchels, J. Feijen, and D.W. Grijpma**, A review on stereolithography and its applications in biomedical engineering, *Biomaterials* 31, 6121 (2010).
8. **K. Nikolov, V. Tsonev**, Mechanical properties of polymer material test pieces, derived by additive manufacturing, *Bultrans 2020 Conference Proceedings*, 35 (2020).
9. **O.A. Mohamed, S.H. Masood, and J.L. Bhowmik**, Optimization of fused deposition modeling process parameters: a review of current research and future prospects, *Advances in Manufacturing* 3, 42 (2015).
10. **T. Sivarupan, et al.**, A review on the progress and challenges of binder jet 3D printing of sand moulds for advanced casting, *Additive Manufacturing* 40, 101889 (2021).
11. **AMFG**, 10 Exciting Examples of 3D Printing in the Automotive Industry in 2021, <https://amfg.ai/2019/05/28/7-exciting-examples-of-3d-printing-in-the-automotive-industry/> Accessed on 28.09.2021.
12. **Caspar de Vries**, Volkswagen Autoeuropa: Maximizing production efficiency with 3D printed tools, jigs, and fixtures, <https://ultimaker.com/learn/volkswagen-autoeuropa-maximizing-production-efficiency-with-3d-printed> Accessed on 17.10.2021.
13. **Daniel Noree**, OpenRC F1 car - 1:10 RC Car model, <https://www.thingiverse.com/thing:1193309> Accessed on 15.09.2021.
14. **Easy Composites**, Using a 3D Printed Mould to Laminate a Carbon Fibre Part <https://www.easycposites.co.uk/learning/carbon-fibre-part-from-3d-printed-mould> Accessed 27.09.2021.

15. **Eric Harrel**, Toyota 4 Cylinder Engine 22RE, <https://www.thingiverse.com/thing:644933> Accessed on 15.09.2021.
16. **Formlabs**, How much does a 3D printer cost? <https://formlabs.com/blog/how-to-calculate-3d-printer-cost/> Accessed on 10.10.2021.
17. **Formlabs**, SLA vs DLP: Guide to Resin 3D Printers, <https://formlabs.com/blog/resin-3d-printer-comparison-sla-vs-dlp/> Accessed on 05.10.2021.
18. **HP webpage**, HP Multi Jet Fusion technology, <https://www.hp.com/us-en/printers/3d-printers/products/multi-jet-technology.html> Accessed on 14.10.2021.
19. **J. Michelle.**, Topology optimization for 3D printing, <https://www.3dnatives.com/en/topology-optimisation140820184/#> Accessed on 11.10.2021.
20. **Jessica Vernone**, <https://www.flickr.com/photos/sacstate/46197678674/> Accessed on 17.10.2021.
21. **Leo Greguric**, LCD vs DLP 3D Printing: The differences, <https://all3dp.com/2/lcd-vs-dlp-3d-printing-technologies-compared/> Accessed on 05.10.2021.
22. **Local Motors**, <https://localmotors.com/meet-olli-3> Accessed on 17.10.2021.
23. **Wikimedia**, https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Laufrad_Sand_Casting.jpg Accessed on 16.10.2021.
24. **Wikimedia**, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Supports_in_3D_printing.png Accessed on 13.10.2021.
25. **Wikimedia**, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schematic_representation_of_Fused_Filament_Fabrication_01.png Accessed on 15.10.2021.
26. **Wikimedia**, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schematic_representation_of_Stereolithography.png Accessed on 15.10.2021.
27. **Wikimedia**, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schematic_representation_of_granular_binding_fabrication.png Accessed on 15.10.2021.
28. **Xometry Europe**, Multi Jet Fusion (MJF) 3D Printing: Technology Overview, <https://xometry.eu/en/multi-jet-fusion-mjf-3d-printing-technology-overview/> Accessed on 14.10.2021.

ПРОЕКТИРАНЕ НА ШПРИЦФОРМА ЗА ЛЕЕНЕ ПОД НАЛЯГАНЕ НА ПРОБНИ ТЕЛА ЗА ИЗПИТВАНЕ НА ТЕРМОПЛАСТИЧНИ МАТЕРИАЛИ

Николай ГЕОРГИЕВ

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

Резюме: В статията е представен подход за проектиране на шприцформа за леене под налягане на универсални пробни тела, отговарящи на изискванията на стандарт БДС EN ISO 20753:2019. Формата е предназначена за леене под налягане на универсални пробни тела тип А1 и отговаря на изискванията за конструиране на шприцформи за пробни тела, посочени в БДС EN ISO 294-1:2017. Конструкцията на инструмента е базирана върху стандартен пакет плочи с габаритни размери 196 x 246 мм. Възможна е подмяна на плочата, съдържаща формообразуващата кухня, с друга, която да формува други типове пробни тела от посочения стандарт. Конструирането на отделните детайли, както и създадената управляващата NC програма за обработка на формообразуващата кухня е реализирана с помощта на SolidWorks 2021. Произведени са 10 броя тестови пробни тела от полиамид 6 (РА6) за валидиране на коректната работа на инструмента, както и за потвърждаване на размерите на полученото пробно изделие спрямо изискванията в стандарта.

Ключови думи: универсални пробни тела, леене под налягане, определяне на свойствата при опън, термопластични полимери, шприцформа за пробни тела

1. ВЪВЕДЕНИЕ

През 80-те години на миналия век, Европейският пазар на термопластични полимери се разраства експоненциално. За едно десетилетие броят на предлаганите марки термопластични смеси се увеличава с над 10 000. Само в Германския институт по стандартизация DIN са публикувани над 2500 технически спецификации на полимери. В техническите спецификации на разработваните смеси се цитират различни стандарти за изпитване и определяне на физикомеханичните свойства, като това обаче не е включвало вида и технологията за производство на пробните тела. В същия този период персоналните компютри стават все по-достъпни и започват масовото да се използват за събиране на база данни от изпитванията на различни полимери. Производителите на пластмасови изделия и производители на полимери, независимо един от друг, реализират изпитванията, използвайки различни методи и стандарти. Тогава в бранша се повдига въпросът за въвеждане на унифицирани стандарти, които да гарантират съпоставимостта на резултатите от изпитванията [6].

През 1984 г. комисията от Германския институт по стандартизация DIN започва да създава списък с предпочитани методи за изпитване, с потенциал за международна стандартизация, които да могат да се провеждат с ограничен брой типове пробни тела.

В европейския комитет за стандартизация предложението е доразработено с участието на Англия, Франция и Западна Германия от Технически комитет ISO/TC61 „Пластмаси“ и през 1990 година са публикувани следните международни стандарти [6]:

- БДС EN ISO 10350-1 Пластмаси. Получаване и представяне на сравними едноточкови данни. Част 1: Материали за формуване;
- БДС EN ISO 11403-1 Пластмаси. Получаване и представяне на сравними многоточкови данни. Част 1: Механични свойства;
- БДС EN ISO 11403-2 Пластмаси. Получаване и представяне на сравними многоточкови данни. Част 2: Термични и технологични свойства.

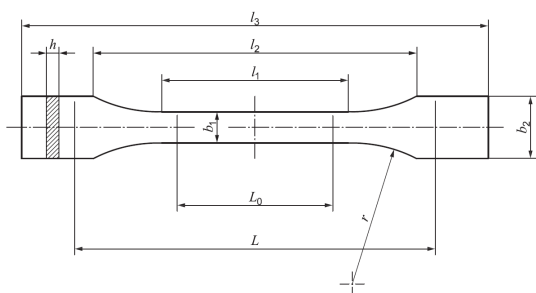
В днешно време всички производители на полимерни продукти в техническите си спецификации представят физикомеханичните свойства на материалите, които са изпитвани съгласно горепосочените стандарти. Това дава възможност свойствата на материалите от различните производители да бъдат сравними помежду си. Технологията за изработката на пробните тела също е стандартизирана [5, 6].

2. ПРОБНИ ТЕЛА ЗА ИЗПИТВАНЕ СЪГЛАСНО БДС EN ISO 20753:2019

Стандартът БДС EN ISO 20753:2019 определя изискванията, свързани с пробни тела за изпитване

на пластмаси, използвани чрез леене под налягане или изрязване от листов материал. Пробните тела от тип A1, показани на фиг. 1 са приети за универсални пробни тела. От тях с проста машинна обработка се получават производни пробни тела, необходими за различни типове изпитвания, цитирани в приложение A на стандарта [1]. Част от изпитванията, които могат да бъдат осъществени с пробно тяло A1 са:

- Определяне на свойствата при опън;
- Определяне поведението при пълзене;
- Определяне на свойствата при огъване;
- Определяне якост на удар по Charpy;



фиг.1 Универсално пробно тяло – тип A1 [1]

Съществените размери на универсалното пробно тяло тип A1 от стандарта са $l_1 = 80 \pm 2$ mm, $b_2 = 10 \pm 0.2$ mm и $h = 4 \pm 0.2$ mm [1]. Получените данни за свойствата, използвайки пробни тела съгласно стандарта, създават условия за висока повторимост и възпроизводимост на резултатите. Също така е възможно да бъде изследвано влиянието на параметрите на процеса на леене под налягане върху характеристиките на полимера.

Пробните тела за изпитване се подготвят в съответствие със спецификацията на конкретния материал. Когато това не е изрично споменато, пробните тела трябва да бъдат произведени чрез леене под налягане съгласно БДС EN ISO 294-1, пресовани съгласно БДС EN ISO 293 или произведени чрез машинна обработка спрямо БДС EN ISO 2818. Шприцформи, произведени съгласно изискванията на БДС EN ISO 294 се препоръчват, тогава когато ще се генерират данни, които ще бъдат сравнявани [2].

В Европейската общност съществува още един стандарт, който определя универсалните пробни тела, а именно БДС EN ISO 3167:2014. Посочените универсални пробни тела в него напълно съвпадат с

тези в БДС EN ISO 20753:2019. Въпрос на време е този стандарт да излезе от употреба, както това е споменато и в описанието му [1,2].

3. РАЗРАБОТВАНЕ НА ШПРИЦФОРМА ЗА ЛЕЕНЕ ПОД НАЛЯГАНЕ СЪГЛАСНО БДС EN ISO 294-1:2017

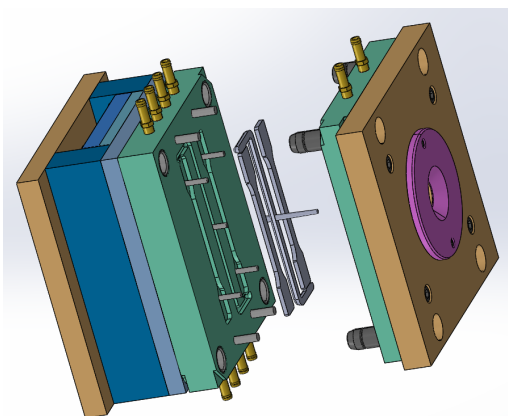
Конструкцията на шприцформата за леене под налягане на универсални пробни тела тип A1, отговарящи на стандарт БДС EN ISO 20753:2019, е базирана върху стандартен пакет плочи, предлагани на пазара от водещ производител на стандартизирани елементи за технологична екипировка. Габаритните размери на пакета на шприцформата са 196 x 246 mm, като основните две плочи, образувачи формообразуващата кухня, са избрани от материал 40CrMnMoS 8–6, имащ висока якост и твърдост. Тази стомана се подлага добре и на термична обработка, която ще увеличи износустойчивостта на инструмента и неговият експлоатационен живот. Това се налага, особено при използването на стъкленапълнени смеси, които са изключително абразивни под въздействието на високо налягане по време на леенето под налягане. Останалите плочи са избрани да бъдат от стандартна нелегирана стомана C 45 U [4].

На фиг. 2 е показан 3D модел на проектираната шприцформа и пробно тяло. При проектирането на инструмента са изпълнени всички изисквания посочени в стандарт БДС EN ISO 294-1:2017, който регламентира изработката на шприцформа за пробни тела [3].

Шприцформата се състои от две основни половини – подвижна и неподвижна (захваната за неподвижната част на шприц машината). Проектираната шприцформа е двугнездова, т.е. произвежда два броя пробни тела на един работен ход на машината. Размерите на формообразуващата кухня са дефинирани съгласно допуските, посочени в стандарта. Избран е Z-образен канал на пълнене на изделията, като това спомага за балансиране на формата и едновременно запълване на двата броя пробни тела. Обемът на формообразуващата кухня, включващ леяковата втулка, развеждащите канали и втоци, е 29.02 cm³, а площта 70.50 cm².

Предвидени са 5 бр. цилиндрични изхвъргачи \varnothing 5 mm, за изваждане на готовото изделие от инструмента и 4 бр. връщачи \varnothing 8 mm, които имат фун-

кцията да връщат изхвъргачната система в начално положение.

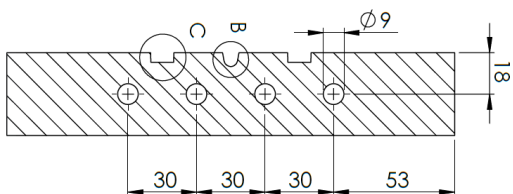


Фиг.2 3D модел на шприц форма за леене под налягане на универсални пробни тела тип А1

Всички те са изработени от обемно закалена стомана 115CrV3, което им гарантира дълъг експлоатационен живот. Проектиран е т. нар. „скубач“ от конусен тип, който при отваряне на формата задържа изделието в подвижната половина на формата.

Предвидени са също temperиращи проходни канали в двете основни плочи:

- два проходни отвора в неподвижната плоча, които попадат точно върху самото изделие с размер $\varnothing 9 \text{ mm}$;
- четири проходни отвора в подвижната плоча с размер $\varnothing 9 \text{ mm}$, които са разположени спрямо изискването в стандарта (фиг. 3).

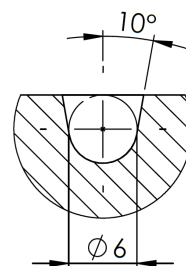


Фиг.3 Сечение, показващо разположението на temperиращите канали в подвижната плоча

Основните технически изисквания към шприц формата съгласно стандарта са [3]:

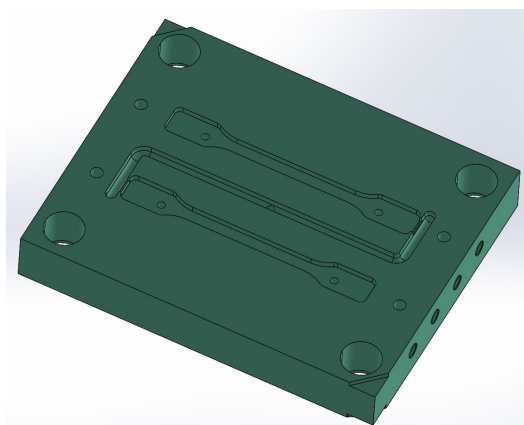
- диаметърът на леяковата втулка от страната на дюзата на машината да бъде минимум 4 mm;

- широчината и височината (или диаметърът на вписана окръжност) на сечението на развеждащите канали да бъде най-малко 5 mm (фиг. 4);



Фиг.4 Сечение на развеждащите канали до формообразуващата кухня на пробните тела

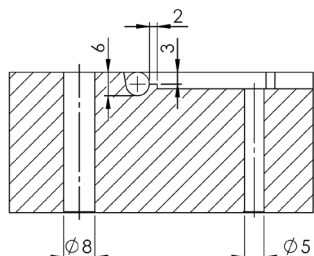
- формообразуващите кухни трябва да бъдат пълнени самостоятелно от един вток едностранно;
- височината на втока трябва да бъде най-малко две трети от височината на изделието и широчината на втока трябва да бъде равна на тази на изделието;
- втокът трябва да бъде възможно най-къс, като дължината не трябва да превишава 3 mm. (фиг. 6);
- ъгълът на наклон на развеждащите канали трябва да бъде най-малко 10° , но не повече от 30° . Ъгълът на наклон на формообразуващата кухня трябва да бъде не по-голям от 1° .



Фиг.5 Общ изглед на формообразуващата плоча

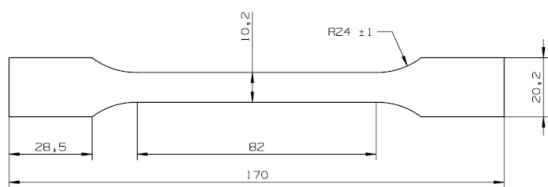
- за да може да се работи с материали с различното свиване, размерите на кухнята за пробни тела тип А1 трябва да бъдат в следните диапазони:

дълбочина: от 4,0 mm до 4.2 mm; широчина на централната част на гнездото: от 10,0 mm до 10,2 mm; функционална дължина на гнездото: от 80 mm до 82 mm;



Фиг.6 Сечение, показващо конструкцията на втока

• Изхвъргачите да бъдат разположени извън зоната на тестване, а именно извън секцията 80x10 mm, показано на фигура 7 [3].



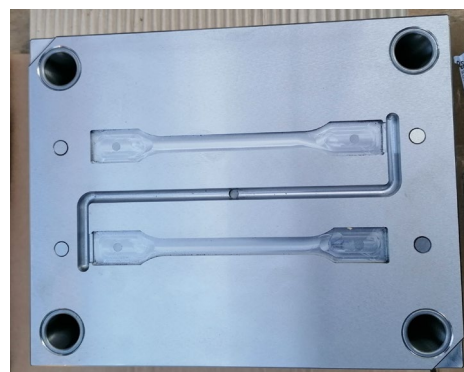
Фиг.7 Размери за машинна обработка на формообразуващата кухина на пробното тяло

4. РЕАЛИЗАЦИЯ И ИЗПЪЛНЕНИЕ

Формообразуващата кухина и всички прилежащи отвори за изхвъргачите са обработени на хоризонтален център, като за целта е изработена управляваща програма с помощта на SolidWorks CAM 2021. След извършването на машинната обработка формата е сглобена, като двете половини са шлайфани на плосък шлайф, за да бъде осигурена равнинност по делителната повърхнина.

Проведени са тестове с материал полиамид 6 (PA6), за да бъде валидирана функционалността на самата форма и получените размери на пробните тела.

Измерени са функционалните размери на 10 бр. тестови пробни тела с помощта на дигитален шублер с клас на точност 0.02 mm и резултатите са представени в таблица 1. Получените размери на тестовите пробни тела отговарят на изискванията, специфицирани в стандарт БДС EN ISO 20753:2019 [1].



Фиг.8 Формообразуваща кухина на шприцформата преди йонно азотиране

табл.1 Размери на получените тестови пробни тела

Но на образец	Дължина l_1 [mm]	Широчина b_1 [mm]	Дебелина h [mm]
1	81,90	9,86	4,02
2	81,95	9,85	4,01
3	81,96	9,86	4,03
4	81,94	9,87	4,00
5	81,95	9,85	3,99
6	81,96	9,86	4,00
7	81,96	9,85	4,04
8	81,96	9,86	4,01
9	81,94	9,85	4,02
10	81,95	9,86	4,01

Като последващо действие е предвидено термообработване на формообразуващите плочи. Избран е технологичния процес на йонно азотиране, който повишава твърдостта (между 55÷60 HRC) на детайлите и устойчивостта им срещу корозия и износване без да предизвиква деформации, което гарантира дълъг експлоатационен живот на инструментa.



Фиг.9 Тестови универсални пробни тела тип А1 спрямо стандарт БДС EN ISO 20753:2019

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проектираната и изработена шприцформа има следните предимства:

- относително ниска маса и малки габарити;
- ниска себестойност спрямо готови решения на пазара;
- възможност за лесна подмяна на формообразуващите плочи с цел производство на други типове пробни тела;

Резултатите от метрологичния анализ на получените тестови пробни тела потвърждават, че така изпълнената шприцформа напълно отговаря на изискванията на БДС ISO EN 294-1:2017 и БДС ISO EN 20573:2019. Термообработката на формообразуващите плочи гарантира дълъг експлоатационен живот на инструмента, а произведените пробни тела могат да се използват за широк спектър от изпитвания.

Благодарности

Резултатите са получени по проект „В помощ на докторанти“ на тема "Разработване на технологична екипировка за изследване на старенето на термопластични полимери“ (№ 211ПД0004-06), финансиран от субсидията за научни изследвания в ТУ-София.

Литература

1. БДС EN ISO 20753:2019, Пластмаси. Пробни тела за изпитване
2. БДС EN ISO 3167:2014, Пластмаси. Универсални пробни тела за изпитване
3. БДС EN ISO 294-1:2017, Пластмаси. Леене под налягане на пробни тела за изпитване от термопластични материали. Част 1: Общи принципи и формуване на универсални пробни тела и пръчки
4. Петко Събев, Конструирание на пластмасови изделия и шприцформи. София, Хайкад Инфотех, 2017.
5. CWFГ, Contents of CAMPUS®, Frankfurt, 2020, p.5
6. www.campusplastics.com. Посетен на 01.10.2021г.

DESIGN OF INJECTION MOLD USED FOR MANUFACTURING OF MULTIPURPOSE TEST SPECIMENTS OF THERMOPLASTIC MATERIALS

Nikolay GEORGIEV

Department Machine Elements and Non - metallic Constructions, Technical University-Sofia, Bulgaria

e-mail: nbgeorgiev@tu-sofia.bg

Abstract: The article presents an approach for designing an injection mold for manufacturing of multipurpose test specimens according to the requirements specified in the standard EN ISO 20753:2019. The mold is specialized in injection molding of multipurpose test specimens type A1 and its design corresponds to the standard EN ISO 294-1:2017. The construction of the tool is based on a standard package of mold plates with overall dimensions of 196x246 mm. It is possible to replace the plate containing the cavity with another plate containing different test specimen shape stated in the standard. The construction of the individual parts and the subsequent NC program for machining of the cavity is created with the help of SolidWorks 2021. Ten test pieces of polyamide 6 (PA6) were molded to test the correct operation of the tool and verify the product dimensions according to the requirements of the standard.

Keywords: multipurpose test specimen, injection molding, determination of tensile properties, thermoplastic materials, mold for test specimens

РОБОТИЗИРАНИ ПАЛЕТИЗИРАЩИ СИСТЕМИ

Ирена АЛЕКСАНДРОВА

„Служба по трудова медицина Ирен М“ ЕООД

e-mail: irealeksandrova@tu-sofia.bg

Резюме: Целта на настоящата разработка е да представи значимостта на роботите в съвременното индустриално палетизиране като наблегне на тяхната незаменима роля в оптимизацията на ефективността в предприятията, складови стопанства, логистични и дистрибуционни центрове; да даде насоки за осъществяване на правилен избор на палетиращ робот, зависещ от множество фактори, сред които: обсег, товароносимост, мощност, производителност, брой работни цикли в минута, габарити и т. н.; както и да представи широката гама крайни манипулатори, позволяващи цялостно персонализиране на приложението според вида, формата и размерите на обработваните обекти, складови или товарни единици.

Ключови думи: палетиращи роботи, промишлени машини, индустриално палетизиране

1. ПОТЕНЦИАЛ НА РОБОТИЗИРАНИТЕ ПАЛЕТИЗИРАЩИ СИСТЕМИ

Роботизираните палетиращи системи осигуряват значителни подобрения в производителността и ефективността на предприятията, складовите стопанства, логистичните и дистрибуционни центрове. От привилегия на големите компании роботите постепенно се превръщат в рентабилно решение и за малкия и среден бизнес поради все по-достъпните си цени, висока гъвкавост и адаптивност. Потенциалът им за приложения в областта на индустриалното палетизиране е открит много скоро след въвеждането в експлоатация на промишления робот пионер Unimate. Само две години по-късно, през 1963г., започва работа и първият роботизиран палетизатор.

Днес системите в сегмента са способни напълно ефективно да заменят човека в изпълнението на уморителните, повторяеми и често тежки задачи в сферата на палетизацията. Най-модерните модели на пазара разполагат със специализирани сензори, изкуствен интелект и усъвършенствано машинно зрение, с чиято помощ могат все по-самостоятелно да управляват работния процес и да разрешават възникнали проблеми.

2. ОСОБЕНОСТИ И ПРИЛОЖЕНИЯ

Промишленото палетизиране включва захващането и подреждането на различни по тип, форма и големина изделия, кашони, кутии, контейнери, складови или товарни единици от конвейери или

други мобилни и статични работни станции върху палети, което улеснява товаренето и разтоварването им и съкращава времето за обработка.

Обратната операция по разтоварването на обектите от палета се нарича депалетизиране и може да бъде изпълнявана от същия тип система.

Палетиращите роботи са насочени към пълното автоматизиране на процеса и стават все по-популярни в производствените отрасли, хранително-вкусовата и опаковъчната промишленост, складовата дейност, транспорта и логистиката. На пазара се предлага широка гама от модели с различен обсег и товароносимост. Богатият набор от крайни манипулатори позволява пълно персонализиране на приложението според обработваните обекти. Съществуват например специални хващачи за чували и торби, които ги обхващат и поддържат отдолу, както и смукателни или магнитни грипери, предназначени да захванат горната част на обекта.

Много предприятия конфигурират специални роботизирани клетки за палетизиране с цел оптимизация на работните процеси. Изборът на робот зависи от множество фактори, сред които: обсег, товароносимост, лек или тежък режим на работа (heavy duty, light duty), брой работни цикли в минута, габарити и т. н. [1,3].

Освен теглото на обектите, с които роботът ще борави, е важно да се отчете и това на инструменталната екипировка.

Три от основните предизвикателства пред автоматизираното палетизиране в модерната индустрия са гъвкавостта при подреждането на товарни единици върху палети по определен модел, функ-

ционалността на крайните манипулатори и времето за обработка. Производителите на палетизиращи работи разработват специализирани версии за високоскоростни линии, тежки товари или приложения, изискващи голям обем на рамото, за да могат потребителите да подберат оптимално решение според конкретните си потребности. Множество софтуерни възможности позволяват богат избор от предефинирани схеми на палетизиране или генериране на персонализирани такива, както и непрекъснат мониторинг на процеса в реално време. Така освен кашони, кутии, щайги, касетки, чували и торби палетизиращите работи надеждно се справят и с по-деликатни обекти като стъклени бутилки и контейнери, кофи, замразени храни, разнообразни типове хранителни продукти и дори насипни материали.

Освен като самостоятелни работни станции в края на производствена, опаковъчна или транспортна линия, роботизираните палетизатори могат да бъдат интегрирани и в други етапи на работния поток, а също и да боравят с разнородни по тип, форма и големина предмети в един и същи работен цикъл без нужда от спиране и пренастройка.

С ръста на електронната търговия в наши дни все по-популярни, особено в сферата на малкия и среден бизнес, стават палетизиращите коботи. Освен със сравнително достъпни цени, колаборативните системи се отличават с компактни размери и висока степен на безопасност. Елиминираната необходимост от специални предпазни съоръжения и ограждения значително улеснява интеграцията и преместването им в цеха или склада, а дългосрочните ползи напълно оправдават инвестицията в палетизиращ кобот дори и за компаниите с по-ограничен бюджет.

3. ПРЕДИМСТВА ПРЕД КОНВЕНЦИОНАЛНИТЕ СИСТЕМИ

Палетизиращите работи не могат да бъдат категорично дефинирани като универсално решение за всяка задача, фирма или отрасъл, но благодарение на голямата си гъвкавост, надеждност и функционалност те често са по-предпочитан избор в съвременната индустрия от конвенционалните автоматични и полуавтоматични палетизатори.

Съществуват редица типове приложения, в които роботизираните системи многократно превъз-

хождат по ефективност, рентабилност и производителност пазарните си аналози и човешкия труд. Такова е например нискоскоростното палетизиране на еднородни единици като кашони или касетки. Тук хардуерните изисквания са сравнително ограничени, което позволява един базов палетизиращ робот напълно ефикасно да роботизира процеса с ниска инвестиция и висок потенциал за оптимизация.

Необходимо е единствено внедряването на хранящ конвейер, а скоростта на работа обикновено позволява безопасната намеса на човек служител за изпълнение на допълнителни задачи, когато това е необходимо. Подобен е случаят при едновременното палетизиране на обекти от няколко линии, при което роботът елиминира нуждата от комплексни конвейерни системи. С помощта на широкия набор от софтуерни функции потребителите могат прецизно да настроят схемите на подреждане на всяка отделна палета в зависимост от типа на складовите или товарни единици, които пристигат по съответната линия.

Макар да са предизвикателство за някои конвенционални системи, чувалите и торбите са изключително подходящи обекти за роботизирано палетизиране. С помощта на челюстен хващач едно гъвкаво роботизирано рамо с шарнирни съединения може деликатно да манипулира с чували с всякакви размери и съдържание, без да компрометира целостта, здравината и състоянието на пълнежа им, както и да изгражда стабилни кули с правилна геометрична форма върху палета. [3] Модерните решения в сегмента позволяват извършването на над 20 работни цикъла в минута и работа дори в тесни пространства или запрашени среди, които биха представлявали проблем за хората при ръчно палетизиране.

Към високоскоростните, тежкотоварните и специализираните приложения, в които роботите истински превъзхождат човека и конвенционалните автоматични системи, можем да добавим и палетизирането на кофи, при което е необходимо прецизно “вгнездяване” на контейнерите от всеки горен ред в капаците на тези от долния.

4. ИЗБОР НА ИНСТРУМЕНТАЛНА ЕКИПИРОВКА

Проектирането на палетизираща работна клетка в съвременната индустрия е сложен процес, тъй

като бизнесът целенасочено инвестира във все по-екологични опаковъчни решения, произведени от по-малко количество материал, а вторичното пакетиране в много приложения дори отпада. Така опаковките стават по-слаби и по-податливи на повреждане при складиране и транспорт. В допълнение консуматорската култура на модерното общество налага непрекъснато разширяване на диапазона от размери, форми и материали при опаковките. Тези нови предизвикателства задават още по-стриктни стандарти към функционалността и надеждността на промишлените палетизатори. Ето защо изборът на подходящо инструментално решение за всеки палетизиращ робот е критичен за дългосрочната му гъвкавост и ефективност [2].

Задача номер едно е анализът на целия асортимент от продукти и типове опаковки, с които системата е планирано да борави. Следва да бъде отчетена и скоростта, с която се движи транспортната или опаковъчна линия, измерена в брой работни цикли или брой обработени обекти (складови/товарни единици) в минута.

Важно е да се вземат предвид и естетическите аспекти на приложението. Съществува риск някои манипулатори с “по-груба” механика да надерат или надраскат опаковките, което обикновено не е фатално например за стреч фолиото или транспортния кашон, но може да съсипе вида на картонените кутии, предназначени за излагане на рафтовете в магазините. В случаите, когато се използват междинни слоеве хартия или картон за стабилизиране на палетите (slip/tier sheets), роботът обикновено се нуждае от специални периферни устройства, чрез които да захваща и позиционира този тип осигурителни елементи.

Не на последно място, при избора на набор от крайни манипулатори е от ключово значение да се вземат предвид и потенциалните бъдещи промени в продуктовата програма, за да се осигури оптимална гъвкавост и ефективност без нужда от непрекъснати ретрофити на системата или инвестиции в нова инструментална екипировка.

5. ЕФЕКТИВНО ПЛАНИРАНЕ НА РОБОТИЗАЦИЯТА

При преход от ръчно, полуавтоматизирано или конвенционално автоматично палетизиране към роботизирано решение е от съществена важност да

бъдат анализирани особеностите на помещението, а също и основните специфики на приложението, които касаят дизайна, инсталацията и експлоатацията на робота. Специалистите препоръчват предварително да се уточни дали системата ще трябва да извършва един тип задачи (като подреждане на каси/щайги върху палета) или множество различни операции едновременно (например опаковане на продукти, подреждането им върху палета и увиване на цялата конструкция в стреч фолио).

Процесът на планиране е препоръчително да включва и калкулация на необходимата първоначална инвестиция за изграждането на палетизираща клетка и съпоставянето ѝ с периода на възвръщаемост и потенциалните икономии в дългосрочен план. Това би дало категоричен отговор на въпроса дали капиталовложението в палетизиращ робот е рентабилно за съответния бизнес и как би се отразило на бюджета на компанията във времето. Една система с капацитет от порядъка на 60-70 единици в минута драстично би подобрила производителността и ефективността на предприятие, което досега е залагало единствено на ръчно палетизиране.

Важно е да се проучи и дали обектът позволява внедряването на солиден робот за подов монтаж или е по-добре да се избере гъвкаво решение за монтаж на тавана или на стойка, осигуряващо разширен работен обсег. Видът (теглото, формата, размерите, здравината и крехкостта) на единиците, с които системата ще манипулира, пък ще определи необходимата мощност и товароносимост в допълнение с подходяща технология за захващане.

Сигурността и безопасността са фундаментални аспекти от всяка програма за внедряване на решения за индустриална автоматизация. Ето защо е задължително да бъдат спазени съответните норми за безопасност при инсталацията и експлоатацията на палетизиращи роботи, както и да бъдат осигурени необходимите специализирани средства за тяхното обезопасяване.

6. ПАЗАРНИ ТЕНДЕНЦИИ

Развитието на технологиите в сферата на логистиката и дистрибуцията на промишлена продукция съгласно принципите на Industry 4.0 налага високи изисквания към софтуерното осигуряване на модерните палетизиращи роботи. Освен със

специализирани WCS системи за складово управление (warehouse control systems), в дигитализираните съвременни приложения палетизаторите комуникират и с WES (warehouse execution system) платформи за интелигентно изпълнение на складовата дейност. Те са предназначени за цялостен мениджмънт на поръчките и работните процеси, входящите материални потоци, опаковъчните и транспортните операции. [1]

Друга технологична новост в софтуерната област са инструментите за триизмерно моделиране и симулация, които позволяват лесно визуално проектиране на схемите за поддръждане на товарните единици според техния тип, форма и големина, както и предварително виртуално “разиграване” на дадена работна програма или конфигурация с цел откриване и отстраняване на потенциални проблеми.

С помощта на усъвършенствано машинно зрение, специализирани сензори, изкуствен интелект и алгоритми за машинно самообучение най-високотехнологичните палетизиращи роботи на пазара днес могат сравнително автономно да се справят с изпълнението на разнообразни задачи, както и да разрешават възникнали трудности от различен характер без нужда от намеса на оператор. Налични са функции за прогнозна диагностика и непрекъснат мониторинг в реално време, които удължават жизнения цикъл на системата и предотвратяват голяма част от назряващите аварии и неизправности. Един свързан и интелигентен мо-

дерен палетизиращ робот е в състояние да осигури над 100 хил. часа полезен живот преди отказ, да взаимодейства активно с персонала и работната среда и дори да предвиди различни сценарии на база “наученото” дотук по време на експлоатацията си в съответния обект.

Сред водещите тенденции при роботизираните палетизатори е и все по-тясната им интеграция с други автоматизирани решения в цеховете, складовете и дистрибуционните центрове, например автоматични платформи за съхранение и извличане (ASRS), совалкови стелажни/транспортни системи, “умни” конвейери, опаковъчни и мобилни роботи, самонасочващи се превозни средства и т. н.

Благодарности

Бих искала да изкажа своята дълбока признателност към хората, които се превърнаха в двигател на стремежа ми към придобиване на нови знания и продължаване на моето развитие в научната сфера - целия преподавателски колектив от специалността „Техническа безопасност на работно оборудване” към Машиностроителен факултет, Технически университет – София.

Литература

1. Палетизиращи роботи – сп. Инженеринг ревю - брой 6/2021 • 17.09.2021, стр. 42-46
2. STAMH: Интеграция на сортиращи и палетизиращи роботи и конвейерни системи - дигитално техническо издание Инженер.bg
3. www.iqsdirectory.com. Посетен на 10.09.2021г..

ROBOTIC PALLETIZING SYSTEMS

Irena ALEKSANDROVA

Occupational Medicine Service Iren M EOOD

e-mail: irealeksandrova@tu-sofia.bg

Abstract: The aim of this paper is to present the importance of robots in modern industrial palletizing by emphasizing their indispensable role in optimizing efficiency in enterprises, warehouses, logistics and distribution centers; to provide guidelines for the correct choice of palletizing robot, depending on many factors, including: range, load capacity, power, productivity, number of operating cycles per minute, dimensions, etc. ; as well as to present the wide range of end manipulators, allowing complete customization of the application according to the type, shape and size of the processed objects, storage or cargo units.

Keywords: palletizing robots, industrial machines, industrial palletizing

ИЗМЕРВАНЕ НА ПОКАЗАТЕЛИ НА КАЧЕСТВОТО НА ВИНО

Мими ДАСКАЛОВА

катедра Прецизна техника и уредостроене, Машиностроителен факултет, Технически университет – София, България
e-mail: mimi1992_pz@abv.bg

Резюме: В доклада са разгледани по-важните качествени показатели на виното, изискванията към тях, методите и средствата за измерване на показателите. В работата е представено измерване със спектрофотометър на показатели на червено вино: сорбинова киселина, интензитет и нюанс на цвета, антоциани и феноли.

Ключови думи: : качество на вино, контрол върху виното, измерване на показатели, спектрални характеристики, методи и средства, спектрофотометър

1. КАЧЕСТВЕНИ ПОКАЗАТЕЛИ НА ВИНОТО. МЕТОДИ И СРЕДСТВА ЗА ИЗМЕРВАНЕ

За опазване на човешкото здраве, имиджа на дадена фирма или предприятие произвеждащо вино е необходимо да могат да оценяват и изпитват вината, които произвеждат. За купувачите е важно да бъдат представени качествени оценки на виното за неговите аромато-вкусови качества, цвят и

бистрота чрез стандартизирани физико-химични методи. Това е от важно значение, защото чрез тези качествени анализи и изпитвания ще може да се осъществява по-лесно продажбата на вино както в България така и на европейският и световните пазари.

В Таблица 1 са представени основни показатели на виното, изискванията за тях, методите и условията за измерване, които се прилагат за изпитване в акредитираните лаборатории [1-9].

табл.1 Основни качествени показатели на виното. Методи и средства за измерване

№	Вид на изпитване/ характеристика	Единица на величината	Гранична стойност на показателя	Метод на изпитване	Условия на среда- та
1	Относителна плътност	-	-	OIV-MA-AS2-01A:R2012	(20,0 ± 2,0) °C
2	Алкохолно съдържание - действително	об. %	мин. 9,0*	OIV-MA-AS312-01A:R2016 4B	
3	Екстракт - общ	g/L	-	OIV-MA-AS2-03B:R2012	
4	Екстракт - беззахарен	g/L	-	OIV-MA-AS2-03B:R2012	
5	Захар (като редуциращи захари)	g/L	до 4,0***	OIV-MA-AS311-01A:R2009	
6	Обща киселинност (като винена к-на)	g/L	мин. 3,5*	OIV-MA-AS313-01:R2015	
7	Летлива киселинност (като оцетна к-на)	g/L	макс.1,08**	OIV-MA-AS313-01:R2015	
8	pH	-	-	OIV-MA-AS313-15:R2011	
9	Серен диоксид – свободен	mg/L	-	OIV-MA-AS323-04A1:R2018	
10	Серен диоксид – общ	mg/L	до 200**	OIV-MA-AS323-04A1:R2018	

2. ПРИЛОЖЕНИЕ НА СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯТА ЗА ОЦЕНКА НА КАЧЕСТВЕНИ ПОКАЗАТЕЛИ НА ВИНОТО

Спектрофотометрите измерват интензитета на светлинния лъч като функция от неговия цвят (дължина на вълната). Важните характеристики на

спектрофотометрите са спектралната широчина на честотната лента (диапазонът от цветове, които може да предава чрез тестовата проба), процентът проба-предаване, логаритмичният диапазон на абсорбцията на пробата и понякога процент от измерването на отражение. Спектрофотометър обикновено се използва за измерване на пропускливостта или отразяването на разтвори, прозрачни

или непрозрачни твърди вещества, като полирано стъкло или газове. Спектрофотометърът може да се използва във винопроизводството за измерване на следните показатели: сорбинова киселина, интензитет и нюанс на цвета, антоциани, феноли.

2.1 Показатели и методи за измерване със спектрофотометър

2.1.2 Сорбинова киселина

I. Принцип на метода

Сорбиновата киселина (транс, транс 2,4 хексадеинова киселина), извлечена чрез дестилация с водна пара, се определя във винения дестилат, чрез спектрофотометрия в ултравиолетовата област. Вещества, които пречат в ултравиолетовата област, се отстраняват чрез изпаряване до сухо с предварително леко алкализирание на дестилата с калиев хидроксид. Отсъствието на сорбинова киселина се потвърждава с паралелно изпитване на проба без добавка и проба с добавка от 10 mg/L сорбинова киселина.

II. Апаратура

- Апарат за дестилация: Gerhardt ("Vapodest 20")/ Уред за дестилация, състоящ се от: парогенератор, колба с тръбичка за пара, дестилационна колона; хладник;

- Спектрофотометър, позволяващ измерване при дължина на вълната 256 nm, с кварцови кювети с оптичен път един сантиметър;

- Аналитична везна.

2.1.3 Интензитет и нюанс на цвета

I. Принцип на метода

Спектрофотометричен метод, чрез който се определят цветните характеристики във вино. По принцип се изразява с интензитета на цвета, даден от сумата на абсорбциите при дължина на вълната 420, 520 и 620 nm за един сантиметър оптичен път в пробата.

II. Апаратура

- Спектрофотометър - UV-VIS

2.1.4 Антоциани

I. Принцип на метода

Основава се на изменението в оцветяването на антоцианите в зависимост от рН. Това изменение е пропорционално на концентрацията на некондензираните антоциани.

II. Апаратура

- Спектрофотометър

2.1.5 Феноли

I. Принцип на метода

Този спектрален метод се базира на специфичната абсорбция на различните групи фенолни съединения в ултравиолетовата област.

Спектралният метод на Somers и Evans за изследване на червени вина се основава на следните свойства на антоцианите и полимерните пигменти:

1) Свободните антоциани се обезцветяват при излишък на свободен серен двуокис (SO₂) при естествения рН на виното. Остатъчният цвят при 520 nm се дължи на полимеризираните пигменти.

2) Прибавянето на ацеталдехид (CH₃CHO), който свързва наличния SO₂ позволява да се изчислят свободните антоциани.

3) При рН < 1 всички антоциани се намират под формата на „флавиен катион“.

II. Апаратура

- Спектрофотометър - UV-VIS

3. ОСНОВНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СПЕКТРОФОТОМЕТЪР

За измерване на описаните показатели е използван спектрофотометър с единичен лъч, модел UV-VIS 75 със следните характеристики:

Дължина на вълната: 340 - 1000 nm.

Режим на работа: фотометрично измерване, количествено измерване

Функции: трансмисия, абсорбция, концентрация;

- Дължина на вълната: 200 - 1000 nm;

- Точност на вълната: ± 2.0 nm;

- Повторяемост на вълната: ≤ 1.0 nm;

- Спектрална честота: 4 nm;

- Фотометричен обхват: -0.301-3.000 (A);

- Фотометрична точност: ± 0.5% (t);

- Фотометрична повторяемост: < 0.2% (t) 0.99999;

- Разсеяна светлина: ≤ 0.5% (t);

- Стабилност: < 0.002 A/h;

- Лампа: Деутериева и Халоген-Тунгстен;

- Оптична система: Дифракционен решетъчен монохроматор 1200 линии/мм.

Спектрофотометърът с единичен лъч измерва относителния интензитет на светлината на снопа преди и след поставянето на пробата за изпитване. Макар че сравняващите измервания от двойни светлинни инструменти са по-лесни и по-стабилни, еднолъчевия може да има по-голям

динамичен диапазон и е оптически по-прост и по-компактен. Освен това някои специализирани инструменти, като спектрофотометри, вградени върху микроскопи или телескопи, са инструменти с един лъч поради практичност.

4. РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗМЕРВАНИЯ СЪС СПЕКТРОФОТОМЕТЪР

За изпитването се използва червено вино със ЗГУ Тракийска низина. В Таблица 2 са представени резултати от измерването.

табл.2 Резултати от измерване червено вино със ЗГУ Тракийска низина със спектрофотометър

№	Вид на изпитване/ характеристика	Единица на величината	Метод на изпитване	Резултати от изпитването	Гран. с-ст
1	Фолин-Чикалто- индекс	-	OIV-MA-AS2-10:R2009	24,00	-
1.1	Фолин-Чикалто, като галова к-на	g/L	OIV-MA-AS2-10:R2009	0,90	-
2.	Спектрална характеристика		*Somers's method		
2.1	Цветен Интензитет, (IC')	(IC')	*Somers's method	3,18 (1,61 + 1,31 + 0,26)	-
2.2	Нюанс (N)	(N)	*Somers's method	1,23	-
2.3	% жълт цвят	%	*Somers's method	50,63	-
2.4	% червен цвят	%	*Somers's method	41,19	-
2.5	% син цвят		*Somers's method	8,18	-
2.6	% червен цвят на флавилиев катион на свободни и свързани в комплекс с танините антоциани (dA)	%	*Somers's method	28,63	-
2.7	Действителна степен на оцвете- ност на антоциани (α)	%	*Somers's method	32,04	-
2.8	Естествена степен на оцвете- ност на антоциани (α')	%	*Somers's method	38,93	-
2.9	Общи антоциани	mg/l	*Somers's method	53,68	-
2.10	Оцветени антоциани	mg/l	*Somers's method	17,20	-
2.11	Неоцветени антоциани	mg/l	*Somers's method	36,48	-
2.12	Общи феноли	ae	*Somers's method	26,70	-
2.13	Общи феноли	mg/l	*Somers's method	997,77	-
2.14	Общи пигменти	ae	*Somers's method	3,43	-
2.15	% на полимеризираните пиг- менти спрямо свободните ан- тоциани (i)	%	*Somers's method	30,10	-
2.16	% на полимеризираните пиг- менти спрямо общите пигменти на виното (i')	%	*Somers's method	13,10	-
2.17	% на полимеризираните пиг- менти спрямо цветните пиг- менти при естествено pH	%	*Somers's method	34,35	-
2.18	% на общите пигменти спрямо общите феноли	%	*Somers's method	12,86	-
3	Сорбинова киселина	mg/L	OIV-MA-AS313-14A:R2009	41,1 ± 1,1	до 200****

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

3 Показателите, по които се определя качеството на виното са дефинирани в европейски и национални нормативни документи. За основните показатели са определени гранични стойности, на които трябва да отговаря всеки един анализиран показател. Важно е методите, които се използват за определяне качеството на виното да са стандартизирани, утвърдени от организации с авторитет в бранша и да бъдат в полза на всички.

Използването на спектрофотометър дава възможност и на производителя и на контролния орган за измерване на показатели на виното и обективна оценка на качеството му. Предоставянето на тази информация води и до обоснован избор на потребителя.

Литература

1. Работна инструкция № 1д-Вино; Определяне на алкохолното съдържание на вино.

2. Работна инструкция № 2д-Вино; Определяне на плътност и относителна плътност на вино при 20°C

3. Работна инструкция № 5-Вино; Определяне на общия сух екстракт във вино. Общо сухо вещество.

4. Работна инструкция № 6а-А1/А2/ Определяне на свободен и общ серен диоксид във вино

5. Работна инструкция № 7-Вино; Определяне на летлива киселинност във вино

6. Работна инструкция № 4-Вино; Определяне на обща киселинност във вино.

7. Работна инструкция № 3-Вино; Определяне на редуциращи захари във вино.

8. Работна инструкция № 16-В-ИОА ; Цветни характеристики във вино, изразени като Интензитет и Нюанс на цвета

9. Работна инструкция № 9-В-ИОА; Определяне на антоциани във вино./бисулфитен метод/

10. Работна инструкция № 7-В-ИОА; Спектрален анализ на фенолни съединения и цветни характеристики на червени вина.

11. Спектрофотометър с единичен лъч, модел UV-VIS 75 (labmag.eu)

12. Спектрофотометрично изследване | Патология (frammar.bg)

MEASUREMENT OF THE INDICATORS OF THE WINE QUALITY

Mimi Daskalova

Department of Precise Engineering and Measuring Instruments, Mechanical Engineering Faculty, Technical University of Sofia

e-mail: mimi1992_pz@abv.bg

Abstract: This paper discusses the most important quality indicators for wine, the requirements for them, the methods and equipment for measuring the indicators. The paper also presents measurement with a spectrophotometer of the indicators for red wine: sorbic acid, intensity and shades of color, anthocyanins and phenols.

Keywords: wine quality, wine control, measurement of indicators, spectral characteristics, methods and means, spectrophotometer

INVESTIGATION OF METALLIC MATERIALS WITH ULTRASONIC METHODS

Bozhidar DZHUDZHEV¹, Boris VELEV²

¹dept. Electrical Measurement Systems, Technical University of Sofia, Sofia, Bulgaria

e-mail: b.djudjev@tu-sofia.bg

²Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

e-mail: b.velev@imbm.bas.bg

Abstract: The paper presents two non-destructive methods for ultrasonic examination of metallic materials. The structure and strength characteristics of samples and castings of cast iron, steel and aluminum alloys were studied with the methods for measuring the information non-destructive parameters - speed and attenuation coefficient of ultrasound in the studied materials. These non-destructive information parameters provide information from the volumetric ultrasonic waves passing through the entire cross section of the material. The velocities and the attenuation coefficient of the ultrasound were calculated and a correlation of these parameters with the tensile strength in responsible castings of gray and high-strength cast irons, as well as a correlation of the hardness in tool steel samples was established. The elastic characteristics are also determined - the modulus of elasticity E (Jung's modulus) and the modulus of angular deformation (torsion) G in aluminum castings and their dependence on the structure of the controlled zones.

Keywords: ultrasonic, non-destructive information, metallic materials

1. INTRODUCTION

Ultrasonic examination of metal samples, blanks, castings and products allows assessing the structure and mechanical properties of their material without its destruction. In addition, the study of the correlations between the speed and attenuation of ultrasound, on the one hand, and the structure and mechanical properties of metallic materials, on the other hand, is a promising task.

2. OBJECTIVE

The aim of the present work is to study the structure and strength characteristics of samples and castings of cast iron, steel and aluminum alloys, by non-destructive measurement with ultrasonic methods [1]. Another task is to determine the elastic characteristics, namely the modulus of elasticity E and the modulus of angular deformation (torsion) G in aluminum castings and their dependence on the structure of the controlled areas.

3. RESEARCH METHODS

The work uses ultrasonic methods to study the structure and strength of materials, achieving high reliability of measurements [2,3]. A characteristic feature of these methods is the simultaneous measurement of two non-destructive information parameters, which provide information from the volumetric ultrasonic

waves passing through the entire cross section of the material. These are the velocities of propagation of longitudinal and transverse ultrasonic waves and the attenuation coefficient of ultrasound in the material.

3.1 Relationship between acoustic parameters and elastic characteristics of materials.

The determination of the effective modulus E and G can be done using destructive methods from the "strain-stress" diagrams at a certain scale and standard methodology. This method is very time consuming and leads to the destruction of the studied material. A simple and convenient static method for determining the elastic characteristics of a material is to measure the speed of propagation of ultrasound in the material. The modulus of elasticity E (Jung's modulus) is most often used in practice. To calculate the Young's modulus in a polycrystalline medium, the formula is used:

$$C_l = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}} \quad (1)$$

where: C_l and C_t are the longitudinal and transverse velocities of the ultrasound in the material, respectively; C_e - speed of ultrasound in reference material. To determine the modulus of angular deformation G, the formula is used:

$$C_t = \sqrt{\frac{G}{\rho}}, [m/s] \quad (2)$$

where: ν - Poisson's ratio; ρ - density of the medium.

The volume velocities of propagation and the attenuation coefficient for a given frequency of ultrasound are calculated by formulas (3) and (4):

$$C = k(d_y / d_o)C_e, [m / s] \tag{3}$$

$$\delta_t = \frac{(A_1 - A_n) - B}{2d_o(n_1 - n_n)}, [dB / m] \tag{4}$$

where: k - coefficient of proportionality; n₁ and n₂ - the number of the compared pulses; d_y - relative thickness measured by ultrasound; d_o - actual thickness measured with an optoelectronic transducer; B - diffraction correction.

3.2 Research equipment

In order to determine the speed and the attenuation coefficient of ultrasound according to formulas (3) and (4), the actual and the relative thickness of the material are measured simultaneously [2,3]. The speed readings and the attenuation coefficient are shown simultaneously on the display of the digital ultrasonic device, which is a module of the automated system for complex non-destructive testing MULTITEST [3,4,5]. The device works together with a device - test pliers DK100.

Fig. 1 (a) shows the appearance of the device, together with the stepped standard, and Fig. 1 (b) shows the device DK100. The measurement methodology, the metrological provision and the instruction for operation of the device are presented in [2]. The structure and mechanical properties are evaluated by pre-prepared groups of standard samples of the tested material, the characteristics of which are used for comparison [3].



Fig.1: a) Ultrasound device MULTITEST CD 010; b) Measuring pliers DK100.

4. ANALYSIS OF THE RESULTS OBTAINED

The basis of the ultrasound examination is the determination of the correlation between the controlled

parameters of the material and the ultrasonic characteristics (speed and attenuation coefficient), which is performed with comparative samples [3,5]. In fig. 2 shows a similar correlation of cast iron castings with the same structure and pearlite base, but with the plate and spheroidal shape of graphite, classified by Rm - tensile strength. Two characteristic areas for the two types of cast iron have been formed. In fig. 2 are graphically visualized the results of automated classification of cast iron castings by strength characteristics. The crosses show the average value of three measurements of the ultrasound of cast iron castings with spheroidal graphite type "sea mines", and the circles - of cast iron castings with graphite plate type "brake drums". For the first type of castings it is important to have good strength properties (high tensile strength), while for the second type of castings it is important to have good friction and elastic characteristics. It is clear that the mechanical properties and ultrasonic non-destructive parameters of these two types of castings differ sharply from each other. The speed of ultrasound in the material, which does not meet the normal mechanical parameters for the respective type of castings, is outside the characteristic areas characteristic of these materials. It is envisaged by light or sound signal that the castings with poor mechanical characteristics will be separated from the suitable ones. In this way, a large number of castings can be measured in a short time, as the measurement process itself is automated.

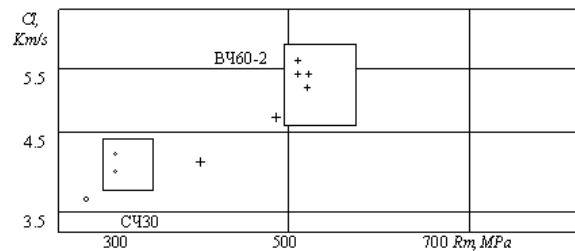


Fig.2. Classification of cast iron castings by tensile strength

The measurement of the speed and the attenuation coefficient of the ultrasound in samples of tool steel U8 depending on the hardness is shown in fig. 3. It can be seen that the speed of ultrasound decreases linearly with increasing hardness (fig. 3.a), and the attenuation coefficient increases (fig. 3.b), probably due to the increase of the internal voltage and the distortion of the crystal lattice. in the heat treatment of steel. At the attenuation coefficient, there is a relatively greater

scattering of the results, probably from the different contact conditions. The dependences of the longitudinal speed of ultrasound on the hardness of aluminum.

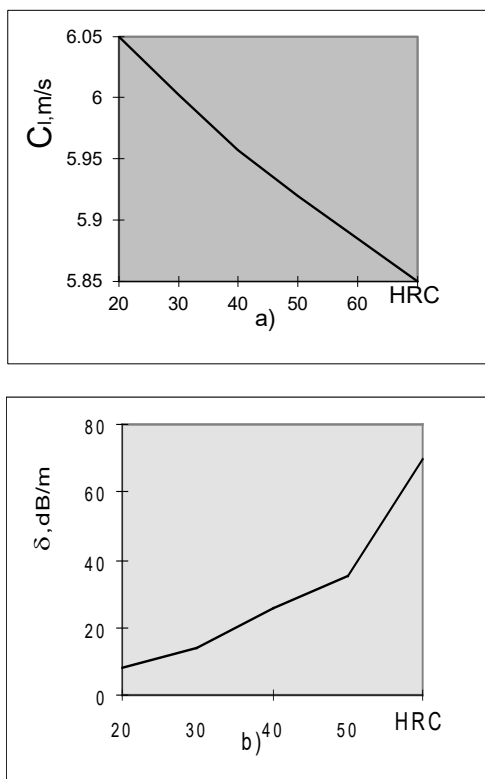


Fig.3. a) Speed and b) attenuation coefficient of ultrasound depending on the hardness of tool steels

Al9 alloy castings (car supports) are shown in fig. 4.a). Fig. 4.c) shows the dependences of the modulus of elasticity calculated by formula (1).

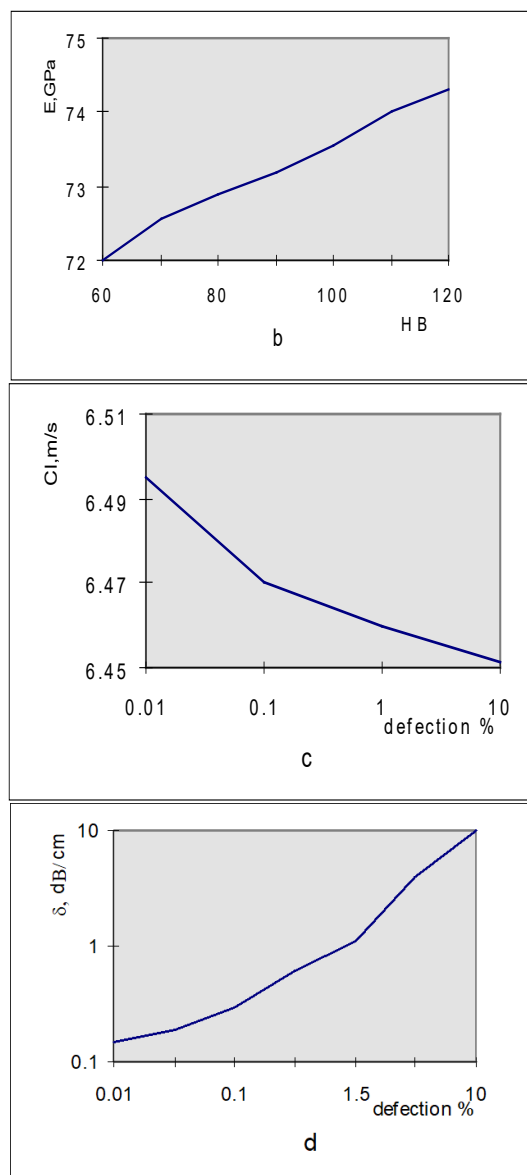
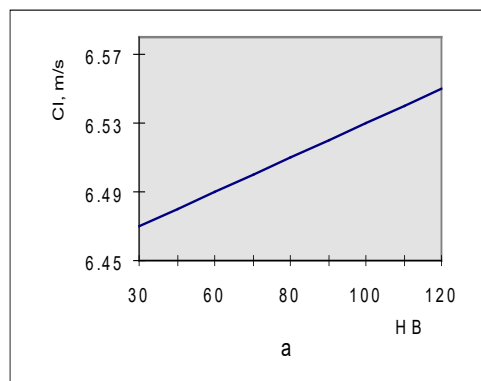


Fig.4. Dependences of the speed and attenuation of ultrasound on the physical and mechanical characteristics and the structure of castings of aluminum alloys.

It can be seen that the dependence of the Jung modulus is not entirely linear, because the densities in the measured areas of the castings are different. Figures 4.c) and 4.d) show the dependences of the ultrasound velocity on the percentage of porosity and liquation in the controlled areas. X-rays of the same areas have shown that ultrasound velocity determination is the

only non-destructive method for detecting liquation that greatly reduces the mechanical properties of aluminum alloys. Liquation is a kind of defect that occurs with an improper casting regime and is expressed in the fact that silicon is released at the grain boundaries. Due to the approximately equal densities of aluminum and silicon, these defects cannot be detected by X-ray methods.

5. CONCLUSIONS

The application of the methods for automated ultrasonic measurement of velocities and the attenuation coefficient of ultrasound in the research and non-destructive testing of the strength characteristics of gray and high-strength cast iron castings, where graphite inclusions have a lamellar and spheroidal shape. In order to obtain reliable results, it is necessary to select groups of standard samples in order to create reliable characteristic areas (Fig. 2) for each specific case.

The same method can be used for non-destructive determination of the quality of heat treatment in tool steels. The capabilities of the method are also shown when measuring the speed and attenuation of ultrasound for non-destructive testing of the structure and physical and mechanical properties of responsible aluminum castings, where the requirements for quality and mechanical properties are particularly high.

Acknowledgement

This work was implemented under project M27 / 7 from 2018, funded by the Research Fund of the Ministry of Education and Science.

References

1. **Г. Велев Г, Д. Димитров, Г. Георгиев**, Метод и устройство за контрол на структурата на материалите, РБ № 85497/2003.
2. **В. Каменов, У. Мирчев**, Metrological Provision of MULTITEST- CD010 Device for Measuring the Velocity and Attenuation of Ultrasound in Materials, Bulgarian Society for NDT International Journal "NDT Days" Volume II, Issue 4, Year 2019, ISSN: 2603-4018, pp 462- 466.
3. **В. Dzhudzhev, V. Angelov , M. Zlatkov, P. Kostadinov**, Testing of Automaticized System for complex non-destructive study of metallic materials, Scientific Journal "Machines, Tehnologies, Materials", Issue 6/2019, pp273-276.
4. **Б. Велев, Б. Джуджев**, Автоматизирана обработка на данни от измерване на термоелектродвижещо напрежение в метали и сплави, Българско списание за Инженерно проектиране, 42, Машиностроителен факултет, Технически университет - София, 2020, ISSN:1313-7530, 30-35 .
5. **В. Dzhudzhev, B. Velev, M. Zlarkov, P. Kostadinov**, Study on the Structure and Composition of new Ferromagnetic Materials with an Automated System for Complex Non-destructive Testing, Proc. of 2020 XXX International Scientific Symposium 'Metrology and Metrology Assurance (MMA)", 2020, DOI:10.1109/MMA49863.2020.9254265. Proc. of 2020 XXX International Scientific Symposium 'Metrology and Metrology Assurance (MMA)", 2020, DOI:10.1109/MMA49863.2020.9254265.

ИЗМЕРВАНЕ НА ПРОПУСКАТЕЛНА СПОСОБНОСТ НА НОВОСЪЗДАДЕНА КЛИЕНТ-СЪРВЪР СИСТЕМА

Теодор ЪКОВ Георги ЦОЧЕВ

катедра „Информационните технологии в индустрията“, Технически университет - София, България

e-mail: tykov@tu-sofia.bg, gtsochev@tu-sofia.bg

Резюме: Пропускателната способност е от основно значение за компютърни игри, които се играят в мрежа. Измерването на пропускателната способност може да стане с много средства. Пропускателна способност е отношението на успешно транспортирана памет за единица време. В статията е представен подход за измерване на пропускателната способност на новосъздадена клиент-сървър система. Изследваната система представлява игра - Hram Light. Предложеният подход може да бъде използван и за други подобни системи тип МОБА игри.

Ключови думи: пропускателна способност, клиент-сървър система, TCP, товароносимост, МОБА игра

1. ДЕФИНИРАНЕ И ОПИСАНИЕ НА ИЗМЕРВАНИТЕ ВЕЛИЧИНИ

За намирането на добър еквивалент на пропускателната способност на една интернет система, вниманието може да се насочи към идеята за скоростта. Това довежда до измерване на величина, която представлява променливи - пътят $S(\text{km})$ и времето $t(\text{s})$, но S се оказва информацията. Не трябва да се бърка с побитовата скорост, която е мярка за скоростта на цялостното пренасяне на информация, била тя успешно пренесена или не. Явлението - успешна трансмисия на данни в мрежа, абстрактно се разглежда, като поток от данни - успешен пренос на частици.

1.1 Пропускателна способност

Пропускателна способност е отношението на успешно транспортирана памет за единица време [1]. Тя може да се разглежда в рамките на една система (Goodput), именно това е целта на тази статия - да изследва пропускателната способност на вече разработена система. Това измерване ще позволи да се открият зависимости на натоварването спрямо брой играчи, както и на интензивността, която те могат да оказват. Казано другояче - количеството, успешно транспортирана информация, измерена последователно с различен брой клиенти - ботове, ще изобрази стойностна графика, в която да се наблюдава текущото състояние на системата, както и да се предвиди вероятностно такова при определен брой реални играчи. Основно уравнение в измерванията се дефинира следното:

$$C = I/t$$

където: C - Пропускателна Способност (KB/s); I - информация (KB - килобайт); t - Време (s)

По принцип се мери в битове за секунда, но по-удобно би било в килобайти за секунда, тъй като инструментът nethogs използва KB/s. Тази величина ще бъде наричана - пропускателност, с цел полесното и описване, и надявайки се, разбиране.

1.2 Товароносимост

Товароносимост се дефинира, подхождайки евристично към обстоятелствата, и използвайки идеята за максимално достижима пропускателност. За разлика от нея границата на товароносимост се определя, чрез допустими условия за потребителското преживяване (user experience). Най-голямата величина C измерена за определен брой клиенти, при дефинирани допустими условия. Допустими условия са:

- Играчът да не получава “лаг” - забавяне на транспорт на пакети.

- Възможността за нов играч да се присъедини към играта без усложнения и забавяния отново докато системата е натоварена.

С оглед на това основните видове изследвания на товароносимост могат да бъдат разделени на два типа:

- поносим поток на даден брой ботове - измерване на обща пропускателност, след което някои да потвърди допустимите условия;

- транспортиране на голям брой ботове, докато инженер изпитва качествата на клиента.

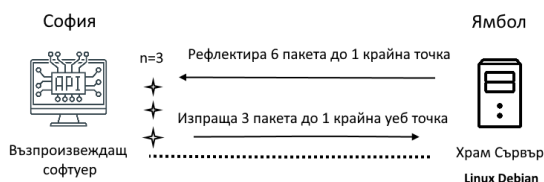
Това, което се оказва предизвикателство за изследванията е достоверността им. Метод за изчисляване на грешките все още не е създаден, но те ще

бъдат дефинирани и намалени на база лични евристични наблюдения и подходи, които се основават на многократни проверки по различни начини, но без ботове, а с истински хора.

1.3 Методи на изследване и експериментални постановки

Предвид условията на техническите средства бе установено, че най-добрият начин за измерване на пропускателността ще бъде основан на наблюдаването на стойностите, показани от инструмента nethogs. Ще бъдат записани показанията на програмата докато извършва измервания над сървър в Ямбол.

От София на операционната система Windows 10 се пуска MobaXterm и се свързва по SSH със сървър в Ямбол, който е на Debian 9 (фиг. 1). Nethogs показва пропускателността на получените и изпратени данни в килобайти за секунда на активните приложения. На всяка секунда терминалната програма обновява показваните стойности. Имайки това предвид, остава само да се включи възпроизвеждащият софтуер.



фиг. 1 Диаграма на рефлектиране при изследването

Всяко изследване започва с измерване на текущото състояние на интернет мрежите, както на тази в София, така и на тази в Ямбол. Това става чрез модул на python - speedtest-cli.

Важно е да се отбележи, че всички ботове общуват със сървъра от една крайна уеб точка. Това означава, че ако има забавяне на преноса на пакети, то то би било за всички тях, или казано с други думи - за всички установени връзки се подразбира едно и също еднопосочно забавяне.

1.4 Възпроизвеждащия софтуер

Възпроизвеждащият софтуер е тази част от един проект от сферата на информационните технологии, която обгражда направеното и го използва с експериментни цели. Изразява се в преизползването на частите на механизма, за да провери дали

покриват изискванията. На схемата по-долу са изобразени нивата на абстракция при Hram Light [2].



фиг. 2 Схема на покритието на възпроизвеждащ софтуер по отношение на операционната система

Нивата са разгледани въз основа на функционалностите на операционната система, като поплътните линии показват, че това функционално ниво не е засегнато от проекта. Имитирацият софтуер преизползва написания код на възможно по-високо ниво и изследва приложението с методът черна кутия.

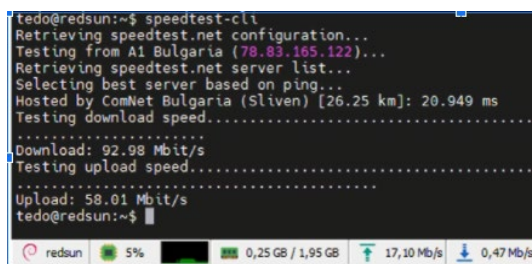
2. ИЗМЕРВАНЕ НА ПРОПУСКАТЕЛНАТА СПОСОБНОСТ

По време на изследване беше открито явление, при което nethogs показателите на приета и изпратена пропускливост се “нормализират”. Под това се има предвид, че остават със същата стойност повече от една секунда. Това навежда до мисълта, че среднотатистическата търсена стойност е всъщност нормализираната.

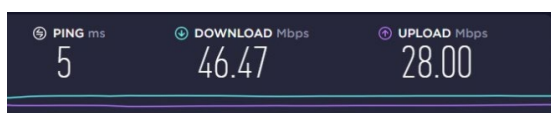
2.1 Изследвания на обща пропускателност

Изследването започва с измерване на текущото състояние на двете мрежи по отношение на честотните им ленти. Това се прави с цел да се забележат зависимости на системата по отношение на пропускателността спрямо двете честотни ленти и пропускателността.

Сървър на A1 в Ямбол - забелязва се, че A1 работят с Комнет Сливен. Резултатите от приложението speedtest-cli се виждат на фигура 3.



фиг.3 Изследвана честотна лента на сървъра



фиг.4 Изследвана честотна лента при възпроизвеждащия софтуер в София

На таблица отдолу са представени записаните резултати от изследването, като най-долу са изчислени Си и Сп - средностатистическите пропускателности съответно на изпращане и на получаване. Най-отгоре в таблицата е броят на връзките - числото ботове, които възпроизвеждат ситуация на случайно движение от много играчи, изпращайки пакет tcp3, който е с 2 байта потребителски данни [1 byte (info-3), 1 byte (direction)].

табл.1 Средностатистически пропускателности

2 bots		4 bots	
u	d	u	d
0.267	0.209	0.95	0.628
0.309	0.256	0.885	0.63
0.33	0.28	0.824	0.636
0.25	0.203	0.572	0.516
0.105	0.117	0.572	0.562
0.105	0.117	0.477	0.516
0.105	0.117	0.572	0.516
0.105	0.117	0.572	0.516
0.105	0.117	0.477	0.516
0.105	0.117	0.572	0.516
		0.572	0.516
0.105	0.117	0.5	0.51

Мерната единица при всички резултати в таблиците са килобайти в секунда (KB/s), където: u - текущи рефлектирани килобайти в секунда; d - текущи приети килобайти в секунда.

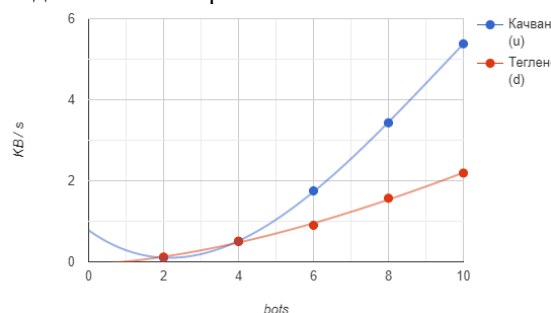
На пръв поглед се забелязва драстично промяна на отношението изпратени към приети пакети (Си / Сп). От третия цикъл на изследването, се наблюдава удвояване - първо стойността е около 1, след което рязко се качва до около 2,3 и продължава да расте. Отношението е от значение за изследването, тъй като на негова основа ще се допуска

максималният брой играчи, който системата би могла да поддържа със съответната честотна лента.

табл.2 Средностатистически пропускателности

6 bots		8 bots		10 bots	
u	d	u	d	u	d
2.296	1.084	3.221	1.423	5.532	1.959
2.332	1.085	3.665	1.582	6.021	2.458
1.922	0.876	3.959	1.683	6.021	2.458
1.922	0.876	3.317	1.421	5.808	2.332
1.662	0.949	3.886	1.679	5.808	2.461
1.651	0.949	2.848	1.277	5.808	2.461
1.651	0.949	2.848	1.324	4.84	2.004
1.651	0.879	3.028	1.312	4.84	2.016
1.928	1.066	3.517	1.371	4.84	1.934
1.651	0.844	3.417	1.371	4.84	1.98
		3.987	1.723	4.84	1.98
1.75	0.9	3.43	1.469	5.38	2.19

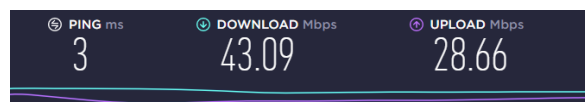
Наблюдавано е порастане на отношението, което е измерено и при 20 бота, прилагайки същата функционалност за възпроизвеждане на ситуация на движение на играчите.



фиг.5 Графика на Си и Сп при ситуация на случайно движение

2.2 Натоварвания при транспортирането

Възпроизвеждащ софтуер София - в добро състояние с малък пинг (фиг. 6). На фиг. 7 е изследвана честотна лента на сървъра Ямбол - в добро състояние.



фиг. 6 Изследвана честотна лента при възпроизвеждащия софтуер в София

Беше направено допълнително изследване и на 20 бота, за да може да се анализира растежа на отношението Си/Сп по-обстойно. Записани са 11 измервания на u и d, както и допълнително изпълнение с 10 и 20 бота възпроизвеждащи ситуацията

случайно ходене (само tcp3), като се оказа, че показателите много се доближават до тези от предното изследване, затова могат достоверно да се сравняват и анализират резултатите.

```
tedo@redsun:~$ speedtest-cli
Retrieving speedtest.net configuration...
Testing from A1 Bulgaria (78.83.165.122)...
Retrieving speedtest.net server list...
Selecting best server based on ping...
Hosted by ComNet Bulgaria (Sliven) [26.25 km]: 26.837 ms
Testing download speed.....
Download: 92.26 Mbit/s
Testing upload speed.....
Upload: 58.07 Mbit/s
```

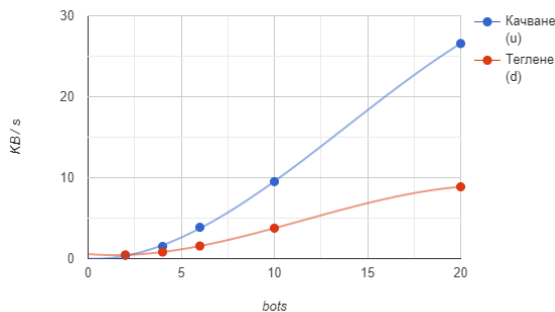
фиг.7 Изследвана честотна лента на сървъра

табл.3 Средностатистически пропускателности

2 bots		4 bots	
u	d	u	d
0.466	0.528	1.696	0.731
0.399	0.441	1.49	0.806
0.399	0.452	1.613	0.881
0.399	0.452	1.649	0.898
0.332	0.354	1.387	0.777
0.4	0.441	1.664	0.928
0.4	0.441	1.387	0.801
0.4	0.452	1.387	0.801
0.4	0.452	1.387	0.801
0.467	0.528	1.664	0.963
0.4	0.452	1.387	0.484
Си: 0,406	Сп: 0,454	1.5015	0.814

табл.4 Средностатистически пропускателности

6 bots		10 bots		20 bots	
u	d	u	d	u	d
4.275	1.709	12.661	4.911	20.875	7.042
4.275	1.697	10.414	4.148	18.915	6.389
4.988	2.005	8.677	3.455	23.074	7.747
4.275	1.72	8.677	3.479	30.3	10.351
4.275	1.72	8.677	3.479	24.812	8.105
3.438	1.389	10.414	4.16	24.812	8.129
3.437	1.377	8.677	3.432	24.812	8.117
3.435	1.377	8.674	3.432	32.42	10.465
3.434	1.377	8.671	3.479	26.163	8.973
3.56	1.424	10.408	4.043	31.399	10.992
3.562	1.506	8.674	3.338	28.986	9.434
3.868	1.559	9.511	3.760	26.569	8.870



фиг.8 Графика на Си и Сп при ситуация движение и хвърляне

На пръв поглед отношението е доста по-голямо от предното изследване. Анализът ще бъде концентриран върху Си / Сп. Кривата на качване(Си) е доста по-стръмна, понеже всеки пакет от тип tcp3 е придружен с tcp4, който е с 15 байта потребителска информация, а и е със сложност n2, което оказва цялостното покачване на стръмността на кривата на качване. При кривата на теглене (Сп) не се променя драстично. Вижда се как е по-полегата.

2.2 Изследване на товаропоносимост

Честотната лента на възпроизвеждащия софтуер този път е по-ниска по отношение на скорост на сваляне (D):



фиг.9 Честотна лента София

Стойностите при мрежата на сървъра в Ямбол изглеждат по-солидни, тъй като няма съществени промени:

```
tedo@redsun:~$ speedtest-cli
Retrieving speedtest.net configuration...
Testing from A1 Bulgaria (78.83.165.122)...
Retrieving speedtest.net server list...
Selecting best server based on ping...
Hosted by ComNet Bulgaria (Sliven) [26.25 km]: 26.456 ms
Testing download speed.....
Download: 92.54 Mbit/s
Testing upload speed.....
Upload: 58.04 Mbit/s
```

фиг.10 Честотна лента сървър в Ямбол

Пропускателността на системата в това състояние на честотната лента при ситуация на случайно движение се оказва различна. Сравнявайки стойностите на това изследване с тази при първото, се забелязва, че този път е около два пъти по-висока. Допуска се, че почти два пъти по-малкият пинг сега - 3ms оказва влияние в сравнение с 5ms от първото. Забелязва се и в други изследвания, които са направени в случаен момент, че при по-ниска честотна лента има по-висока пропускателност. Отношението Си / Сп този път е 1 дори при 10 бота, тоест то расте по-бавно.

Резултати при 100 бота:

- Инициализиране с портата: 1,5 бота в секунда

- Транспортиране от портата в света: 9.1 бота в секунда

Максимално достигната пропускателност при транспорт от портата към играта са:

- Си: 341,787 KB/s
- Сп: 89,82 KB/s

Установи се, че при ситуация на случайно движение няма никакви проблеми до 24 бота, които само сменят посоката си на движение през 800 милсекунди. При ситуация на вървене и хвърляне обаче, нещата стоят по друг начин. Оказва се, че натоварването е приблизително два пъти по-голямо, защото в ситуация с tcp3 и tcp4 за един и същ период Тп, максималния брой ботове, при които не е идентифициран лаг е между 10 и 12. Това е приблизително, тъй като натоварването е доста променливо в тази ситуация и точен брой се определя трудно.

- Ситуация на изпращане само на tcp3: 24 бота
- Ситуация на изпращане на tcp3 и tcp4: 10~12 бота

4. АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

Анализ на изследванията е чрез сравняване на общите изчислени стойности - Си и Сп. Направени са и няколко заключения на основа текущото състояние на софтуера и показателите. Следващите точки са забелязани явления на база евристичен подход към системата, който се уповава на разнороден опит с нея, както и на въпросите, които са били задавани по време на програмирането ѝ.

4.1 Ползи от изравняването на Си и Сп

При 2 и 4 бота общите пропускателности на u и d , са изравнени. Това навежда на мисълта, че лесно би се поддържало едно поле от картата, в което играчите са между 1-4, тъй като големината на пропускателността би била лесно предвидим. На базата на това съждение се появяват основните цели - да се изгради светът така, че играта(битката) да се развива на отделни пространства по картата, където играчите се конкурират по групи от 4 и не общуват с останалите по картата, или поне в по-голямата част от времето.

Допуска се, че и други игри за много хора се базират на това явление, тъй като разпределят играчите си на групи по 2 или 4 съпротивляващи се играчи в различни части на картата. Примери за това

са така наречения тип МОВА игри, при които в началото играчите са разпределени по различни части на арената.

4.2 Нормализация на показателите

Явлението е по-видимо при по-малък брой ботове и се изразява в това, че секундните показатели на качване и сваляне се "нормализират", а именно измерени са няколко поредни равни стойности. Това може най-лесно да се забележи в таблиците при 2 и 4 бота и при двете ситуации. Например при 4 бота са измерени 1,387 KB/s качване и 0.801 KB/s получаване за 3 последователни секунди.

При нормализация на показателите може и да се направи заключение, че общата пропускателност е нормализираната такава, а и да се намери средна такава, ако има няколко такива моменти. Явлението се наблюдава и при по-голям брой ботове, но там показателите са по-рядко изравнени или има "частична нормализация" - последователните измервания се доближават по стойност.

4.3 Отношения на Си и Сп

Интересно е рязкото покачване при 2-рото изследване. На 8-ми ред колона 'C' се вижда, че при 4 бота стойността се повишава драстично в сравнение с изчислената за същия брой ботове, но за ситуация само движение(само tcp3), като след това отношенията отново стават приблизителни. Въпрос е дали не е настъпила някаква промяна точно в този момент по отношение на мрежовия транспорт.

табл.5 Отношения на Си и Сп

	A	B	C	D	E	F
1	Само tcp3					
2	ботове	2	4	6	8	10
3	Си / Сп	0.90	0.98	1.944	2.335	2.457
4						
5						
6	tcp3 и tcp4					
7	ботове	2	4	6	10	20
8	Си / Сп	0.894	1.845	2.481	2.53	2.995
9						

4.4 Спад на стойностите след определено време

Явление, което се наблюдава, след неопределено време на натоварване от въз- произвеждането при по-голям брой ботове. Това, може би, се дължи на претоварване на самия възпроизвеждащ софтуер, който изглежда спира да изпраща пакети, тъй като не се наблюдава крах при системата.

4.5 По-висока пропускателност при по-ниска честотна лента

Това явление по отношение на честотната лента на възпроизвеждащата програма е само догадка, нещо което не се доказва, а само се допуска. Привлича вниманието, тъй като бяха направени известен брой други експерименти, без да се записва екрана, при които лентата беше ниска а пропускателността висока.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тази статия описва и изследва система - без да се разглеждат нейните програмни части. Това допринася за представяне на идеята за възпроизвеждащия софтуер, който подлага на тест рефлектиращите механизми на сървъра, разглеждайки ги като "черна кутия", и натоварвайки ги с пакети, с цел да разкрие, до колко те, и в какви ситуации, покриват изискванията. В следствие на направените изследвания играта ще има функционалността за полуавтоматичен бърз тест, независимо в коя мрежа се пуска сървърът, като това би допринесло за по-лесното откриване на проблеми свързани с трансмисията и контролът на информацията.

Пропускателността на системата бе разгледана във възпроизведени ситуации, които само се доближават до реалните такива. Изследванията на товароносимостта са по-точни, тъй като се дефинират чрез самото възпроизвеждане. Определеният брой пакети изпратени от определен брой ботове в едно поле, разкрива, и все пак приблизително, текущите възможности на системата при специфично не променящо се поведение на играчите. В бъдеще ще се разработи случайно променящи се въз-произвеждащи функционалности, с цел да се имитира по-реална ситуация. Ценно изследване би било наблюдението на пропускателност при битка между голям брой истински играчи, тъй като тогава биха могли да се търсят и наблюдават психологически явления.

Литература

1. <https://www.dnsstuff.com/network-throughput-bandwidth>, Посетено на 28.05.2021г.
2. Текущи разработвания и история на играта Храм Лайт: <https://www.indiedb.com/games/hram/>, Посетено на 20.06.2021г.
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Channel_capacity, Посетено на 24.06.2021г.

MEASUREMENT OF THROUGHPUT OF A NEWLY CREATED CLIENT-SERVER SYSTEM

Teodor UKOV Georgi TSOICHEV

Department Information Technologies in Industry, Technical University-Sofia, Bulgaria

e-mail: tykov@tu-sofia.bg, gtsoichev@tu-sofia.bg

Abstract: Throughput is essential for computer games that are played online. Throughput measurement can be done by many means. Throughput is the ratio of successfully transported memory per unit time. The article presents an approach for measuring the throughput of a newly created client-server system. The system under study is a game - Hram Light. The proposed approach can be used for other similar systems such as MOBA games.

Keywords: throughput, client-server system, TCP, payload, MOBA game

СИНТЕЗ НА СИСТЕМА ЗА АВТОМАТИЧНО УПРАВЛЕНИЕ НА ХОРИЗОНТАЛНОТО ПРАВОЛИНЕЙНО ДВИЖЕНИЕ НА РОБОТИЗИРАН СТРОИТЕЛЕН МАНИПУЛАТОР

Мирослава ИВАНОВА¹ Росен МИТРЕВ² Веско ПАНОВ²

¹катедра „Математически анализ и диференциални уравнения”,
Технически университет - София, България
e-mail: mj_ivanova@tu-sofia.bg

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

Резюме: Работата е посветена на синтеза на автоматична система за интегрално управление с обратна връзка по състояние, която дава възможност за стабилизация на програмното движение на роботизиран строителен манипулатор при извършване на хоризонтално праволинейно движение. Въз основа на изведения математичен модел е разработен симулационен модел в Simulink като получените от симулацията числени резултати показват, че при задаване на програмното движение чрез полином от пета степен максималната стойност на грешката е малка, а в крайната позиция е равна на нула. Използването на системата за управление позволява да се влияе върху параметрите на цялата система в благоприятно направление, като се реализират предварително зададени кинематични характеристики на движението, намаляващи вибрациите в системата. Синтезираната система за управление може да се използва и за управление на машини с подобна кинематична структура.

Ключови думи: манипулатор, автоматично управление с обратна връзка

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Съвременната интензификация на строителството налага използването на високопроизводителни машини, извършващи технологични и транспортни операции. Увеличаването на скоростите и ускоренията на машините причинява редица проблеми, основните от които са невъзможност да се реализират с висока точност зададените кинематични характеристики на движението (закон на движение, а също така максимални скорост и ускорение) и ниската точност на позициониране на машината. Не бива да се пренебрегват и повишените динамични натоварвания и голямата амплитуда на вибрациите на металната конструкция на машините, предизвикващи високи механични напрежения в металната конструкция и голямо време за затихване на трептенията.

Посредством подходящо регулиране на въртящия момент на задвижващия двигател е възможно да се постигне движение на машината по предварително зададен закон на движение (програмно движение) с плавна промяна на скоростта и ускорението в пусковия и спиращия периоди и лимитиране на техните максимални стойности.

Автоматичното управление на строителни и подземно-транспортни машини е известна задача, чийто различни аспекти са изследвани в множество трудове. В работите [14,15] се представя автоматична система за управление с обратна връзка на мостов кран с цел намаляване на разлиляването на товара и повишаване на точността на позициониране при извършването на подземно-транспортни операции. По-новото изследване [17] представя различни алгоритми за намаляване или пълно погасяване на трептенията на кранове със свободно окачен товар. Значителни по обем изследвания относно моделирането и управлението на трансманипулатори са извършени в работите [3,4,5,6,7]. Разработеният динамичен модел на трансманипулатор с две степени на свобода е използван като основа за разработване на системи за автоматично управление работещи по различни алгоритми. В работата [9] е разработена каскадна система за управление на хоризонталното движение на трансманипулатор. Системата е така проектирана, че да се максимизира производителността при наложени ограничения на максималната сила на преместване и максималното преместване на горния край на вертикалната рама. Подобен подход е използван и в

[10]. Същият колектив разработва и H_∞ управление на трансманулятор [11], а също така и моделно прогнозиращо управление на трансманулятор [12] като и при двата типа управление са постигнати добри резултати. Един недостатък на моделно прогнозиращото управление е, че са необходими голям брой изчисления.

Целта на настоящата работа е да се синтезира система за автоматично управление с обратна връзка за управлението на линейното хоризонтално движение на роботизиран строителен манипулатор при следване на програмно движение с плавна промяна на преместването и неговите производни.

2. АЛГОРИТЪМ ЗА АВТОМАТИЧНО УПРАВЛЕНИЕ С ОБРАТНА ВРЪЗКА

В [1,2,7] е разработен динамичен модел на роботизиран строителен манипулатор (PCM) с твърдо окачен товар. Определянето на закона на промяна на управляващото въздействие върху системата $u(t)$ при зададено чрез математическа функция програмно движение по дължина на релсите може да се извърши въз основа на обратната динамика на механичната система. Този закон ще бъде валиден само при напълно точно описание на реалната система и постоянни известни параметри на системата и околната среда. Тъй като създаденият динамичен модел е приблизителен и само с определена точност описва поведението на реалната механична система, а въздействията на околната среда са променливи и със стохастичен характер, то следва да се извършва компенсация чрез управление по отклонение от зададеното програмно движение с използване на обратна връзка. В този случай управляващото въздействие, реализирано от двигателя, ще зависи от текущата грешка, определена като разлика между зададеното от програмното движение положение и реалното текущо положение на манипулатора.

При системите за автоматично управление с обратна връзка по състояние, управляващото въздействие се формира като линейна функция на всички състояния на системата [8,16,18,19]:

$$u = -\mathbf{Kz} \quad (1)$$

където \mathbf{K} е вектор, съдържащ постоянни коефициенти на пропорционалност k_i ($i=1\div 6$), а \mathbf{z} е вектора на състоянията, информация за който се получава от сензорите на системата. На фиг.1 е по-

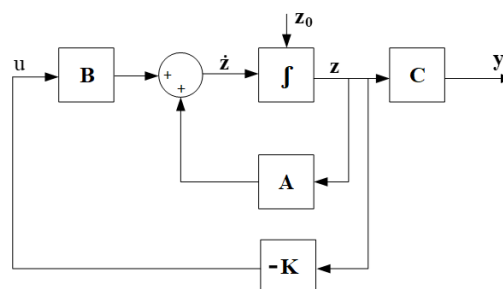
казана блок схема на затворената система с обратна връзка по състояние.

Системата уравнения, описваща движението на затворената система в този случай има вида [8,16,18,19]:

$$\dot{\mathbf{z}} = (\mathbf{A} - \mathbf{BK})\mathbf{z} \quad (2)$$

чието решение е

$$\mathbf{z} = e^{(\mathbf{A}-\mathbf{BK})t} \mathbf{z}_0 \quad (3)$$



фиг.1 Блок-схема на затворената система [8,16]

Устойчивостта на затворената система се определя от собствените стойности на матрицата $\Phi = \mathbf{A} - \mathbf{BK}$ [19]. При подходящ подбор на стойностите на елементите на вектора \mathbf{K} може да бъде осигурена асимптотическа устойчивост на системата, т.е. за всички $\mathbf{z}_0 \neq \mathbf{0}$, $\mathbf{z}(t) \rightarrow \mathbf{0}$ при $t \rightarrow \infty$ [16]. За разглежданият роботизиран строителен манипулатор, матриците \mathbf{A} и \mathbf{B} са представени в [2].

2.1 Проверка за управляемост

Проверката за управляемост на системата се извършва чрез матрицата на управляемост \mathbf{P} , която има следния общ вид [8,13,16,18,19]:

$$\mathbf{P} = [\mathbf{B} \quad \mathbf{AB} \quad \dots \quad \mathbf{A}^{n-1}\mathbf{B}] \quad (4)$$

За разглежданата система от шести ред матрицата на управляемост има вида:

$$\mathbf{P} = [\mathbf{B} \quad \mathbf{AB} \quad \mathbf{A}^2\mathbf{B} \quad \mathbf{A}^3\mathbf{B} \quad \mathbf{A}^4\mathbf{B} \quad \mathbf{A}^5\mathbf{B}] \quad (5)$$

Проверката е изпълнена тъй като рангът на матрица $rank(\mathbf{P}) = 6$ е равен на реда на системата, т.е. системата е управляема.

2.2. Преобразуване на матриците във фазово-координатна канонична форма

Трансформираната във фазово-координатна канонична форма система уравнения (1) има следния вид [8,13,16,18,19]:

$$\dot{\mathbf{z}}_{cf} = \mathbf{A}_{cf} \mathbf{z}_{cf} + \mathbf{B}_{cf} \mathbf{u} \quad (6)$$

където, чрез трансформационната матрица \mathbf{T} са извършени следните преобразования:

$$\mathbf{z}_{cf} = \mathbf{T} \mathbf{z} \quad (7)$$

$$\mathbf{A}_{cf} = \mathbf{T} \mathbf{A} \mathbf{T}^{-1} \quad (8)$$

$$\mathbf{B}_{cf} = \mathbf{T} \mathbf{B} \quad (9)$$

$$\mathbf{C}_{cf} = \mathbf{C} \mathbf{T}^{-1} \quad (10)$$

$$\mathbf{u} = -\mathbf{K}_{cf} \mathbf{z}_{cf} \quad (11)$$

$$\mathbf{K}_{cf} = \mathbf{K} \mathbf{T}^{-1} \quad (12)$$

Трансформирани по този начин матрици имат следния общ вид:

$$\mathbf{A}_{cf} = \begin{bmatrix} -a_{n-1} & -a_{n-2} & \dots & -a_1 & -a_0 \\ 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$\mathbf{B}_{cf} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \quad (14)$$

а редът на матрицата \mathbf{C}_{cf} , съответстващ на i -та предавателна функция е:

$$\mathbf{C}_{cf}^i = [b_{n-1}^i \quad b_{n-2}^i \quad \dots \quad b_0^i] \quad (15)$$

2.3 Определяне на елементите на вектора \mathbf{K}_{cf}

Матрицата на затворената система, представена във фазово-координатна канонична форма има следния вид е [8,13,16,18,19]:

$$\Phi_{cf} = \mathbf{A}_{cf} - \mathbf{B}_{cf} \mathbf{K}_{cf} = \begin{bmatrix} (-a_{n-1} - k_1^{cf}) & (-a_{n-2} - k_2^{cf}) & \dots & (-a_1 - k_{n-1}^{cf}) & (-a_0 - k_n^{cf}) \\ 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (16)$$

а характеристичния ѝ полином:

$$\det(\lambda \mathbf{I} - \mathbf{A}_{cf} + \mathbf{B}_{cf} \mathbf{K}_{cf}) = \lambda^n + (a_{n-1} + k_1^{cf}) \lambda^{n-1} + \dots + (a_0 + k_n^{cf}) \quad (17)$$

като чрез k_1^{cf} , k_2^{cf} и т.н. са означени елементите на вектора \mathbf{K}_{cf} . Ако във фазово-координатна канонична форма се зададе желаната матрица на зат-

ворената система, чийто собствени числа са известни и осигуряват устойчивост на системата (намират се в лявата полуравнина), то тя ще има вида:

$$\Phi_{cf}^{des} = \begin{bmatrix} \lambda_1^{des} & \lambda_2^{des} & \dots & \lambda_{n-1}^{des} & \lambda_n^{des} \\ 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (17)$$

и тогава, чрез сравняването на съответните елементи на матриците Φ_{cf} и Φ_{cf}^{des} се определят елементите на вектора \mathbf{K}_{cf} . Една възможност е желаните собствени числа да са еднакви и да са реални отрицателни числа равни на $-p$, и тогава λ_1^{des} , λ_2^{des} и т.н. ще бъдат равни на коефициентите (взети с отрицателен знак), пред степените, започвайки от $n-1$ степен, на полинома $(x+p)^n$. За разглежданата система, полинома е от шеста степен и има вида:

$$(x+p)^n = p^6 + (6p^5)x + (15p^4)x^2 + (20p^3)x^3 + (15p^2)x^4 + (6p)x^5 + (1)x^6 \quad (18)$$

и тогава желаната матрица (17) придобива общия вид (19), а при $p=10$ матрицата придобива вида (20). Директното сравняване на елементите на матриците дава следните стойности за елементите на вектора \mathbf{K}_{cf} : $k_1^{cf} = 45.83$, $k_2^{cf} = -1.21 \times 10^5$, $k_3^{cf} = -1.99 \times 10^5$, $k_4^{cf} = -5.24 \times 10^6$, $k_5^{cf} = -1.05 \times 10^6$, $k_6^{cf} = 10^6$.

$$\Phi_{cf}^{des} = \begin{bmatrix} -6p & -15p^2 & -20p^3 & -15p^4 & -6p^5 & -p^6 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (19)$$

$$\Phi_{cf}^{des} = \begin{bmatrix} -60 & -1.5 \times 10^3 & -20 \times 10^3 & -150 \times 10^3 & -600 \times 10^3 & -10^6 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (20)$$

2.4. Определяне на трансформационната матрица

Трансформационната матрица T се определя по следната зависимост [8, 13, 16,18,19]:

$$T = P_{cf} (P)^{-1} \quad (21)$$

където P е матрицата на управляемост на оригиналната система, а P_{cf} е матрицата на управляемост на трансформираната система. Аналогично на (4), матрицата P_{cf} има следния вид:

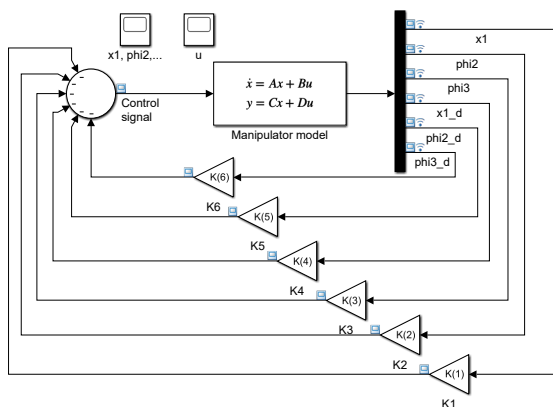
$$P_{cf} = [B_{cf} \quad A_{cf}B_{cf} \quad A_{cf}^2B_{cf} \quad A_{cf}^3B_{cf} \quad A_{cf}^4B_{cf} \quad A_{cf}^5B_{cf}] \quad (22)$$

Векторът на коефициентите на управлението K за оригиналната система се определя чрез матрицата на трансформация [8,13,16,18]:

$$K = K_{cf}T \quad (23)$$

2.5. Числен експеримент със синтезираната затворена система

На фиг.2 е показан графичния модел в Simulink на синтезираната затворена система с обратна връзка по състояния. Симулацията е извършена при вектор на началните условия $z = [0.2 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]^T$ и получените в т. 2.3. стойности на елементите на вектора K .



фиг.2 Графичен модел на затворената система в Simulink

На фиг.3 са показани получените закони за промяна на състоянията, а на фиг.4 - закона за промяна на съответстващото им управляващо въздействие. Както се вижда, всички състояния, съответно и управляващото въздействие, след определен период от време приемат нулеви стойности,

което означава, че синтезираната системата е асимптотически устойчива и се връща в равновесното си състояние след отклонение от него.

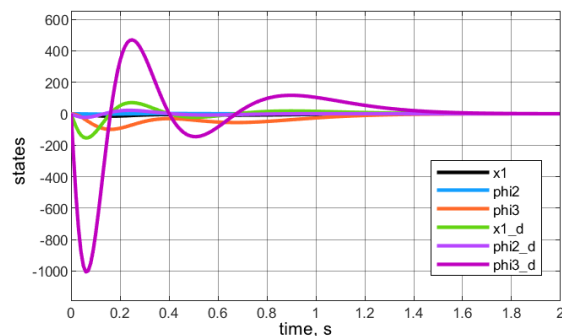
3. СИНТЕЗ НА ИНТЕГРАЛНО УПРАВЛЕНИЕ ЗА СТАБИЛИЗАЦИЯ НА ПРОГРАМНОТО ДВИЖЕНИЕ

Задачата за синтез на линейна система за управление се състои във формиране на такъв вектор на управляващото въздействие, за който векторът на изхода на системата има желаното изменение във времето [19]. За да се следва зададеното програмно движение на РСМ при линейното му хоризонтално движение, закона за формиране на управляващото въздействие $u(t)$ се записва по следния начин [8,16]:

$$u(t) = -Kz + k_I \xi \quad (24)$$

$$\dot{\xi} = r(t) - x_1 = r(t) - Cz$$

където чрез $r(t)$ е означен закона на програмното движение, който трябва да следва манипулатора по координата x_1 (по продължение на релсите). В закона за управление е въведена интегрална компонента, чието предназначение е да премахва грешката в установения режим чрез прилагане на допълнително въздействие с големина $k_I \xi$, където $\xi = \int (r(t) - x_1) dt$ е допълнителна променлива на състоянието.

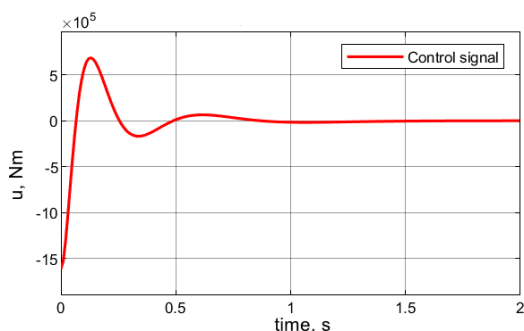


фиг.3 Закони за промяна на състоянията

Системата (1), съвместно с (24) има вида [8,16]:

$$\begin{bmatrix} \dot{z} \\ \dot{\xi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A - BK & k_I B \\ -C & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z \\ \xi \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} r(t) \quad (25)$$

На фиг. 5 е показана блок-схема на интегралното управление.



Фиг.4 Закон за промяна на управляващото въздействие $u(t)$

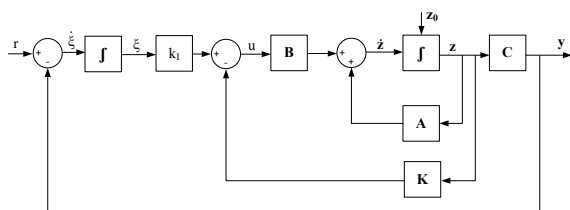
Поради добавянето на новата променлива на състоянието, редът на системата нараства с единица, при което следва да се определят както коефициентите k_i ($i=1,2,\dots,n$), така и коефициента на пропорционалност на интегралната съставка. Тогава векторът на коефициентите има вида:

$$\hat{\mathbf{K}} = [\mathbf{K} \quad -k_I] \quad (26)$$

За да се осигури зададеното разположение на полюсите на системата се следва процедурата от т.2.3, но се използват матриците [8,16]:

$$\hat{\mathbf{A}} = \begin{bmatrix} \mathbf{A} & 0 \\ -\mathbf{C} & 0 \end{bmatrix} \quad (27)$$

$$\hat{\mathbf{B}} = \begin{bmatrix} \mathbf{B} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (28)$$



Фиг.5 Блок - схема на интегрално управление [16]

Численото моделиране на системата (25) е извършено в Simulink. На фиг.6 а) е показан разработения симулационен модел. Програмното движение $r(t)$ се задава чрез полином от пета степен с крайната стойност на преместването 20 m и продължителност на движение 30 s. На фиг.6 б) е показан модула за генериране на зададената траектория на движение, като е възможен избора между полиноми от трета, пета и седма степени. Допълнително е въведен блок за сатурация, ограничаващ

нарастването на управляващото въздействие над определена стойност. Желаните полюси са корени на полинома $(s + 70)^7$, а вектора на коефициентите в управлението има вида: $\hat{k}_1 = 3.7 \times 10^7$, $\hat{k}_2 = 2.39 \times 10^7$, $\hat{k}_3 = -2.19 \times 10^5$, $\hat{k}_4 = -2.14 \times 10^7$, $\hat{k}_5 = 1.29 \times 10^8$, $\hat{k}_6 = 4.75 \times 10^3$, $k_7 = -k_I = 7.5 \times 10^8$.

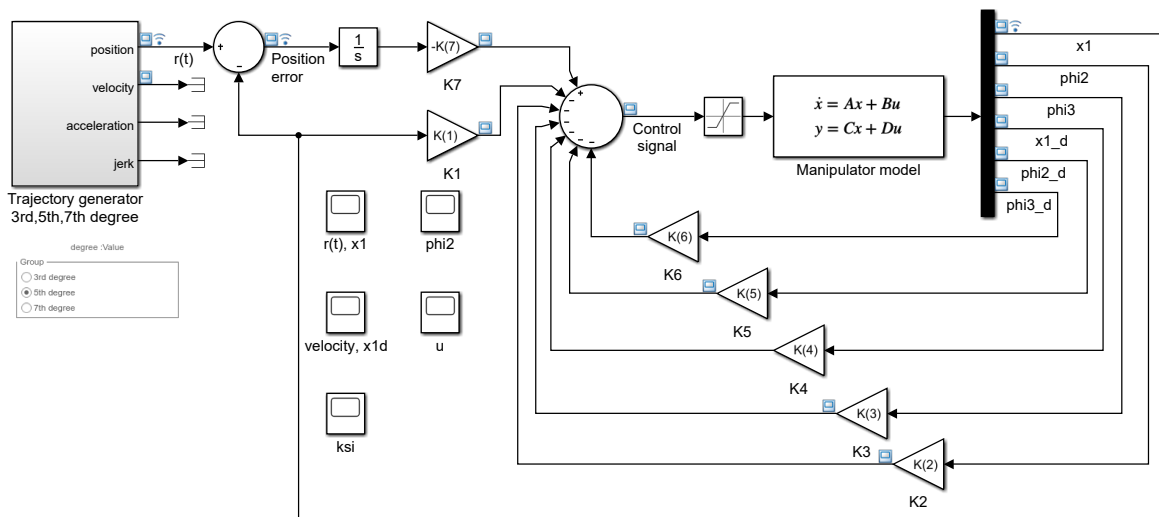
На фиг.7 са показани програмното движение $r(t)$ и реализирания закон на движение по x_I - както се вижда, те са много близки. На фиг.8 е показана грешката, която е разликата между графиките на фиг.7. Максималната грешка е 0.06 m и е приблизително в средата на периода на движение. В края на движението (при $t=30$ s) грешката е нула, т.е. манипулатора достига зададената позиция без грешка в установения режим. На фиг.9 е показан ъгъла на разлюляване на колоната φ_2 . Максималното отклонение е около 7×10^{-4} rad, т.е. то е намалено многократно в сравнение със случая при неуправляемо задвижване. Максималната достигната скорост е около 1.2 m/s (фиг.10) и тя е продиктувана от параметрите на програмното движение. От фиг.11 се вижда, че управляващото въздействие сменя знака си, т.е. в края на движението двигателя работи в спиращ режим, а максималната му стойност е 220 Nm. Стойностите на управляващото въздействие са в рамките на силовите възможности на задвижващия двигател. На фиг.12 е показана механичната характеристика на двигателя при следване на зададеното програмно движение.

4. ИЗВОДИ

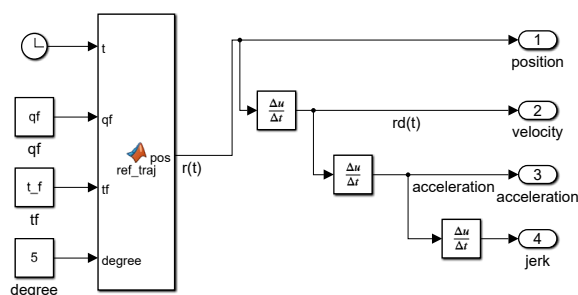
Синтезираната система за интегрално управление с обратна връзка по състояние дава възможност за стабилизация на програмното движение на роботизиран строителен манипулатор при извършване на хоризонтално праволинейно движение. Получените от симулацията числени резултати показват, че при задаване на програмното движение чрез полином от пета степен максималната стойност на грешката е малка, а в крайната позиция е равна на нула. Установено е, че ъгъла на разлюляване на колоната е много малък, а също така липсват високочестотни трептения. Използването на системата за управление позволява да се влияе върху параметрите на цялата система в благоприятно направление, като се реализират предвари-

телно зададени кинематични характеристики на движението и по този начин намалят вибрациите на металната конструкция на машината и повиши точността на позициониране. Подобен подход е

приложим и при синтезиране на система за управление на машини с подобна кинематична структура.

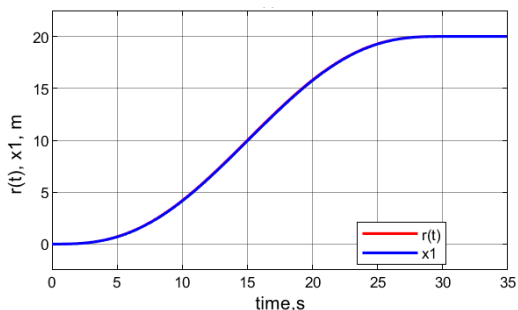


а)

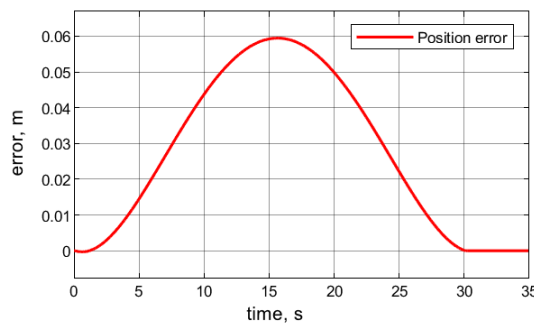


б)

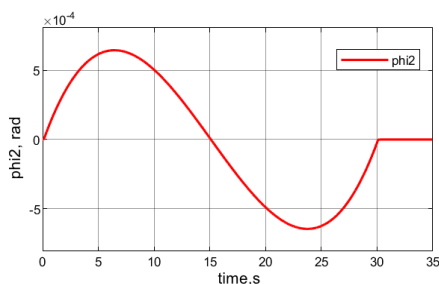
Фиг.6 Графичен модел в Simulink



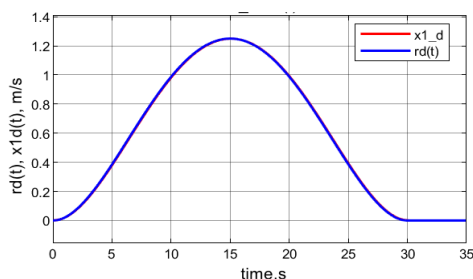
Фиг.7 Програмно движение $r(t)$ и реализирания закон на движение по x_1



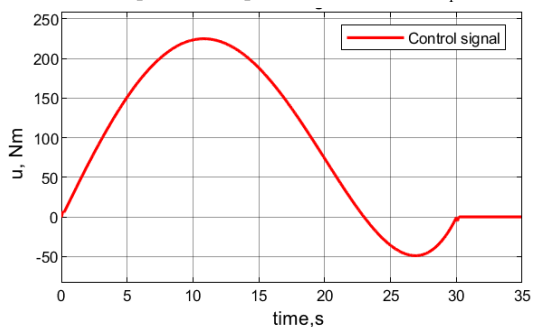
Фиг.8 Графика на грешката



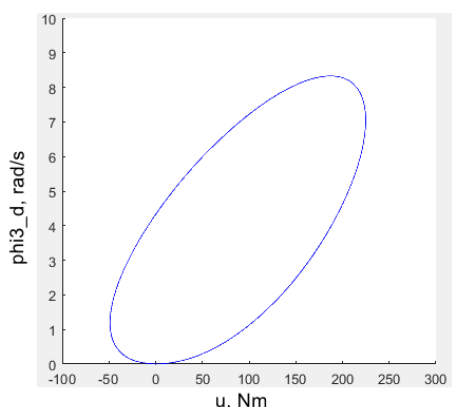
фиг.9 Ъгъл на разлюляване на колоната φ_2



фиг.10 Графики на програмната скорост $\dot{r}(t)$ и реализираната скорост на движение \dot{x}_1



фиг.11 Графика на управляващото въздействие



фиг.12 Механична характеристика на двигателя

Литература:

1. **Иванова М.** Математичен модел на строителен манипулатор извършващ хоризонтално праволинейно движение. *САx technologies*, брой 6, декември 2018 г., Издателство на Технически университет – София, стр. 11 – 25, ISSN 1314 – 9626.
2. **Иванова М., Панов В., Митрев Р.** Аналитично и числено изследване на линеаризиран математически модел на надлъжното движение на роботизиран строителен манипулатор., *Механика на Машините*, книга 125(1), 2021, ISSN 0861-9727, стр. 83-89
3. **Калинков С.** Изследване на електронни системи за трансманипулатори. Дисертация за присъждане на образователна и научна степен доктор. ТУ-София, 2011.
4. **Калинков С., Митрев Р., Ружеков Г.** Симуляционно моделиране и изследване на трансманипулатор с управляемо задвижване. *Механика на машините*, бр. 82, година XVII, книга 5, 2009, стр. 71-78.
5. **Кръстева А., Калинков С., Ружеков Г., Митрев Р.** Автоматизирани складови и обработващи системи. Разработване на модели на механичната и електронната системи. Отчет по договор Договор № 4122M-03/2007. НИС при ТУ-София, 2008.
6. **Митрев Р., Калинков С., Ружеков Г.** Механо-математично моделиране на хоризонталното движение на трансманипулатор с неуправляемо задвижване. *Българско списание за инженерно проектиране*, бр. 1, декември 2008 г.
7. **Митрев Р., Панов В., Иванова М.** Математическо моделиране на надлъжното движение на роботизиран строителен манипулатор. *Механика на Машините*, книга 125(1), 2021, ISSN 0861-9727, стр. 67-74
8. **Петров П.** Управление на движението в мехатронни системи. Пропелер, София, 2014.
9. **Ружеков Г., Калинков С., Митрев Р., Иванов И., Пенев Д.** Управление на хоризонталното движение на трансманипулатор. *Механика на машините* 84, година XVII, книга 5, 2009.
10. **Ружеков Г., Калинков С., Митрев Р., Петков П.** Каскадно управление на трансманипулатор. *Машини, технологии, материали*. Година III, брой 5-6, 2009.
11. **Ружеков Г., Калинков С., Петков П.** ∞ управление на трансманипулатор, *Международна конференция по автоматика и информатика'09*, София, 2009, стр. VI-49 – VI-52.
12. **Ружеков Г., Пенев Д., Калинков С.** Моделно прогнозиращо управление на хоризонталното движение на трансманипулатор, *Международна конференция по автоматика и информатика'09*, София, 2009, стр. VI-53 – VI-56.
13. **Astrom K., Murray R.** *Feedback Systems. An Introduction for Scientists and Engineers.* Princeton University Press, New Jersey, 2008.

14. **E. Ohnishi, I. Tsuboi, T. Egusa, M. Uesugi**, Automatic Control of an Overhead Crane, IFAC Proceedings Volumes, Volume 14, Issue 2, 1981, pages 1885-1890,
15. **Gustaffson T., Heidenback C.** Automatic control of unmanned cranes at the Pasir Panjang terminal. Proceedings of the 2002 IEEE International conference on control applications. September 18-20, Glasgow, Scotland, UK, 2002.
16. **Ogata K.** Modern Control Engineering. Fifth edition. Prentice Hall, 2010.
17. **Qian D.** Anti-sway control for cranes. Design and implementation using Matlab®. De Gruyter, Berlin, 2018.
18. **Tewari A.** Modern Control Design with Matlab and Simulink. John Willey and Sons, 2002
19. **Ценов И., Петков П.** Матрични методи за анализ и синтез на линейни системи за автоматично управление. Техника, София, 1981.

MODELING OF AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR THE HORIZONTAL MOVEMENT OF A ROBOTIC CONSTRUCTION MANIPULATOR

Miroslava IVANOVA¹ Rosen MITREV² Vesko PANOVA³

¹ Mathematical Analysis and Differential Equations, Faculty of Applied Mathematics and Informatics
Technical University of Sofia

e-mail: mj_ivanova@tu-sofia.bg

^{2,3} Logistics Engineering, Material Handling and Construction Machines, Mechanical Engineering Faculty,
Technical University of Sofia

²e-mail: rosenm@tu-sofia.bg, ³e-mail: vpanov@tu-sofia.bg

Abstract: The article is devoted to the synthesis of a feedback control system of a robotic construction manipulator (RCM). A simulation model has been created in Simulink, as the numerical results obtained from the simulation shown, that when we use the program motion by a fifth-degree polynomial, the maximum value of the error is small, and in the final position it is equal to zero. The use of the control system allows to influence the parameters of the whole system in a favorable direction, by realizing pre-set kinematic characteristics of the movement. The synthesized control system can be used for controlling machines with a similar kinematic structure.

Keywords: robotic construction manipulator, control system

ASSISTIVE TECHNOLOGIES AIMED TO IMPROVE THE OVERALL LIFE QUALITY OF ELDERLY USERS

Simona DUICU

Department of Manufacturing Engineering, Transylvania University of Brasov, Romania

e-mail: simonaduicu@unitbv.ro

Abstract: Considering that the focus in developing modern assistance systems is the ability of these devices to provide a greater independence for users, in parallel with the transition to greater social inclusion for older users with age-specific mobility impairments, this paper presents a brief overview of the factors that influence the level of employment of various types of technologies in the case of older adults and whether the use of such technologies influence their willingness for ageing in place. Furthermore, the application of participatory design methods is considered in the case of assistive technologies aimed to improve the overall life quality and independence of the elderly users. Thus, not only the improvement of assistive devices is considered, but as well the development of living environments suitable to the needs of older adults.

Key words: assistive technologies, elderly users, user-centered design

1. INTRODUCTION

In Statistical data regarding the countries of the European Union show an aging tendency, where the percentage of the over 65 years age group is expected to increase from approximately 17.5% in 2011 to an estimated 26.9 % in 2040 [1, 2]. In this sense, there emerges the need for developing new assistive devices that would better suit the physical constraints imposed by the aging process.

The mobility problems in the case of the older population are the ones that raise the most concerns, as the ageing process involves several changes, such as modifications in muscles and joints, flexibility, strength, posture and gait [3, 4]. In the same manner, changes in the central nervous system can cause a slow reaction time, interfering with one's ability to interact with the working environment [5].

Thus, faced with the deterioration of their abilities, many older people prefer the use of assistive technologies in order to maintain their quality of life, their independence and self-respect. In this sense, assistive technologies are systems designed to increase or maintain the functional ability of the user to perform an activity or a task by reducing load demand [6].

The employment of such assistive technologies can further facilitate the aging in place process, often times defined as “living in the present community, with a level of independence, rather than in a care center” [1, 7] and considered to be a better options for the elderly population.

In this sense, [8] provides a view on the opinions and preferences of older residents with respect to their current and future housing circumstances, the respondents sharing a strong desire to remain living independently in the community. Having the same premise, [9] describes several solutions that can support elderly users in their daily activities, allowing them to stay independent for as long as possible, by implementing robots and sensors in the home environment in order to assist the inhabitants in their daily routines. Furthermore [10] offers a brief overview of the potential uses of robotics in social and health care, considering commercially available devices as well as prototypes in various stages of research.

On the other hand, [11] explores the relationships between users' habits and technology acceptance by studying the interaction of older people with the Kinect for Xbox, arguing that understanding technology habits can offer new opportunities for research on user experience and interaction design.

[12] suggest that a precondition for the ‘ageing in place’ process is that the older adults consider their environment as a safe and familiar place. In this sense, it emerges the need for developing new products and environments that would better fit the physical constraints of elderly users and, at the same time, offering a safe usage.

Even though universal design refers to the concept of designing products and built environments utmost usable by everyone, regardless of age or ability, in order to develop a product that serves a specific need of a specific type of users, their opinion on the matter has

to be considered. Thus, given the appropriate tools or methods they can become articulate and even creative [13].

2. USER-CENTERED DESIGN. TOOLS AND APPLICATIONS

In the case of user-centered design the users are involved in all stages of the design process of a product in order to obtain a more clear understanding of task requirements and a multi-disciplinary approach [14]. Several key principles regarding UCD can be defined in order to ensure an effective process:

- User focus
- User involvement throughout the design process
- Simple design representations
- Prototyping in cooperation with the end users
- Evaluating product usage in context
- Usability experts involved throughout the design process
- Holistic design
- Customization of processes [14]

Thus, between the team of experts and the group of end users a collaborative partnership is developed [15], creating the advantage of a more in-depth insight into the given issue, at the same time giving the researcher an insider view and a more valid description of users' experiences.

The tools and techniques used in UCD refer both techniques for interacting with end-users (such as task analysis, direct observation, activity diaries, questionnaires, interviews, group discussions) and design tools used to facilitate the product development process (digital human modeling, manikins, inclusive design, human behavior modeling) [14].

3. CASE STUDY

In order to obtain information regarding users' opinion about the employment of assistive devices a group of elderly participants (ranging in age from 60 to 80) were directly involved in a participatory workshop [16] in order to obtain a list of requirements for a walking assistive device that would better suit their needs.

The generated set of ideas was based on users' experience, thus allowing them to imagine more relevant solutions based on their needs.

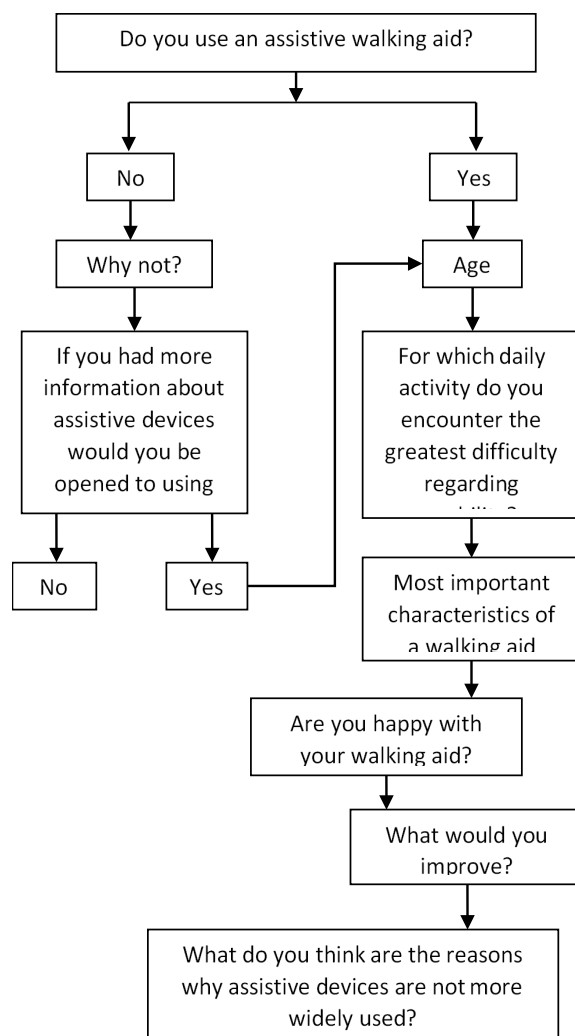


fig. 1 Logic scheme of the questionnaire

As another technique, a questionnaire consisting of 11 questions was considered and sent to a total of 26 care centers (Fig. 1). The results showed that a large number of respondents were either already using an assistive device or would be interested in using one, and the most used devices were the walking frames (45% of respondents) and the walking canes (30% of respondents) (Fig. 2). The results also point out that the currently used assistive devices show a large degree of generality raising the need for a more specific solution, designed to adapt to the needs of the considered group.

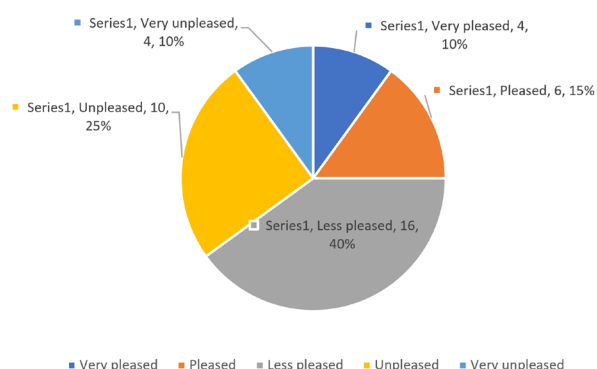


fig. 2 Degree of users' satisfaction with their current assistive walking aid

Furthermore, the interaction elderly users (regarding both the comfort in usage and suitability of the devices) with their current assistive aids was considered and, in order to properly test the given devices, two human digital models (man and woman) were generated considering the anthropometrics obtained from a given group – 68 over 65 years old Romanian men and women with age related mobility limitations, currently living in an assistive care center.

Starting from the results of the research among elderly users, the two top used assistive devices were tested with the created digital human models. The two devices are a standard fixed deep frame walker (height - 820 mm, width - 380 mm, depth - 490 mm, weight - 3.2 kg) – Fig. 3.a - and a fixed walking cane (height - 88

cm, weighting - 0.4 kg) – Fig. 3.b. As a method of analysis, the rapid upper limb assessment (RULA) method [17, 18] was employed, the obtained results are shown in Table 1.

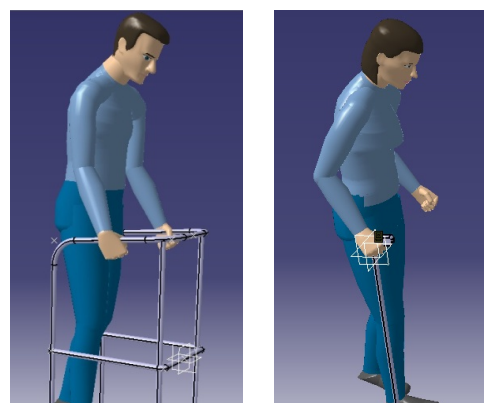


fig. 3 a. Man digital model using walking frame. **b.** Woman digital model using cane.

From the analysis it can be observed that in both cases of assistive walking devices currently used by the considered group of older adults further investigations and changes are required to be made as soon as possible, as the assistive devices tend to be more harmful than they are helpful.

table 1. RULA analysis scores for walking frame and cane for both man and woman digital models

	RULA scores - Walking frame		RULA scores - Cane	
	Men	Women	Men	Women
Upper arm	4	3	2	1
Forearm	3	2	3	2
Wrist	3	3	4	3
Wrist and arm	8	7	6	4
Posture	5	4	5	3

4. CONCLUSION

This paper considered users' involvement throughout the entire design process, specifically in the case of elderly users, in the same time emphasizing the concept of ageing in place as an alternative to institutional care.

A case study is considered by involving a group of elderly participants in the early stages of the design

process of a new assistive walking device that would better fit their current needs. Thus, they participated in a participatory workshop, answered a questionnaire, allowed anthropometric measurements. Based on the information obtained from the group, two digital human models were further created and tested their two most commonly used assistive devices (walking frame and cane), the RULA analysis scores suggesting an immediate need of changes in the devices.

References

1. S. T.M. Peek, K. G.Luijckx, M. D. Rijnaard, M. E. Nieboer, C. S. van der Voort, S. Aart, J. van Hoof, H. J.M. Vrijhoef, E. J.M. Wouters, "Older adults' reasons for using technology while aging in place", *Gerontology*, available at <http://www.karger.com/Article/FullText/430949>, 2015. Accessed: 02/06/2015
2. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Population_structure_and_ageing. Accessed: 20/09/2014.
3. A. Lobo, *Physical Activity and Health in the Elderly*, Bentham eBooks, 2010
4. H. Donat, A. Ozcan, "Comparison of the effectiveness of 2 programmes on older adults at risk of falling: Unsupervised home exercise and supervised group exercise". *Clinical Rehabilitation*, Vol. 21(3), pp. 273-83, 2007.
5. D. Y. Carstens, *Site Planning and Design for the Elderly: Issues, Guidelines and Alternatives*, John Wiley & Sons Inc., 1993.
6. C. C. L. M. Boons, K. van de Kamp, D. J. H. Deeg, "Assistive technology and self-rated health in comparison with age peers: a longitudinal study in 55–64-year-olds", *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, Ahead of Print: pp. 1-7, available at <http://informahealthcare.com/doi/abs/10.3109/17483107.2014.951976>, 2014. Accessed: 02/06/2015
7. J. Davey, G. Nana, V. Joux, M. Arcus, *Accommodation options for older people in Aotearoa/New Zealand*, Report prepared for the Centre for Housing Research, Wellington, 2004
8. J. Davey, "«Aging in Place»: The views of older homeowners on maintenance, renovation and adaptation", *Social Policy Journal of New Zealand*, Issue 27, 2006
9. J. Güttler, C. Georgoulas, T. Linner, T. Bock, "Towards a future robotic home environment: a survey", *Gerontology*, Vol. 61, No. 3, pp. 268-280, 2015
10. T. S. Dahl, M. N. Kamel Boulos, "Robots in health and social care: a complementary technology to Home Care and Telehealthcare?", *Robotics*, Vol.3, pp. 1-21, 2013
11. B. Nansen, F. Vetere, T. Robertson, J. Downs, M. Brereton, J. Durick, "Reciprocal habituation: a study of older people and the Kinect", *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Vol. 21, No. 3, 2014
12. R. Kleinhans, L. Veldboer, S. Jansen, M. van Ham, "Ageing in a long-term regeneration neighbourhood: a disruptive experience or successful ageing in place?", *IZA Discussion Papers*, No. 8660, 2014
13. E. B.-N. Sanders, "From user-centered to participatory design approaches", in Frascara, J. (Ed.) *Design and the Social Sciences: Making Connections*, CRC Press, pp. 1-8, 2002
14. K. Case, "Tools for user-centered design", *Advanced Engineering Forum*, Vol. 10, pp. 28-33, 2013
15. J. Gregory, "Scandinavian approaches to participatory design", *International Journal of Engineering Education*, Vol. 19, No. 1, pp. 62-74, 2003
16. A. Suteu, C. Buzatu, "Participatory design methods in the development of products and environments for elderly users with physical impairments", *RECENT*, Vol. 15, no. 3 (43), pp. 123-128, 2014
17. L. McAtamney, E.N Corlett, "RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders", *Applied Ergonomics*, Vol. 24, No. 2 pp. 91–99, 1993
18. J. Ward, C. Riley, G. Johnson, "Posture, position & biometrics: guidelines for self-service technology", in *Contemporary Ergonomics*, pp. 121 – 126, 2008

ASSISTIVE TECHNOLOGIES AIMED TO IMPROVE THE OVERALL LIFE QUALITY OF ELDERLY USERS

Simona DUCU

Department of Manufacturing Engineering, Transylvania University of Brasov, Romania
e-mail: simonaucu@unitbv.ro

Abstract: Considering that the focus in developing modern assistance systems is the ability of these devices to provide a greater independence for users, in parallel with the transition to greater social inclusion for older users with age-specific mobility impairments, this paper presents a brief overview of the factors that influence the level of employment of various types of technologies in the case of older adults and weather the use of such technologies influence their willingness for ageing in place. Furthermore, the application of participatory design methods is considered in the case of assistive technologies aimed to improve the overall life quality and independence of the elderly users. Thus, not only the improvement of assistive devices is considered, but as well the development of living environments suitable to the needs of older adults.

Key words: assistive technologies, elderly users, user-centered design

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Александр СТЕНИН¹ Олег ЛИСОВИЧЕНКО² Мария СОЛДАТОВА³ Сергей Стенин⁴

¹кафедра информатики и программной инженерии, "КПИ им. Игоря Сикорского" - Киев, Украина
e-mail: olisov@tk.kpi.ua

²кафедра информационных систем и технологий, "КПИ им. Игоря Сикорского" - Киев, Украина
e-mail: alexander.stenin@yandex.ua

³кафедра информационных систем и технологий "КПИ им. Игоря Сикорского" - Киев, Украина
e-mail: benten1093@gmail.com

⁴Государственная таможенная служба Украины - e-mail: serg.stenin@gmail.com

Аннотация: Компьютерные информационные системы (КИС), в частности, сервисно-ориентированные, имеют сложную конфигурацию взаимодействующих компонентов, учет и анализ характеристик которых в рамках одной модели весьма сложен и подчас нецелесообразен. Отсюда, в настоящей статье для моделирования таких систем предложены две, дополняющие друг друга модели работы веб-сервера. Модели построены на базе аппарата марковских цепей, теории массового обслуживания и раскрашенных сетей Петри.

Ключевые слова: компьютерные информационные системы, раскрашенные сети Петри, аппарат марковских цепей, теория массового обслуживания, граф состояний, расчет показателей нагрузки

Key words: convolutional network, Keras, NSL KDD, De Bruijn topology

1. ВВЕДЕНИЕ

Эффективность работы современных компаний во многом зависит от эффективности работы компьютерных информационных систем (КИС). Эффективность работы КИС можно проанализировать моделированием и расчетом показателей их работы.

Для анализа и моделирования КИС класса «клиент - сервер» наибольшее распространение получили математический аппарат сетей Петри [1,2] и теория массового обслуживания (ТМО) [3].

Известно [2], что сети Петри очень удобны для моделирования систем, состоящих из множества взаимодействующих компонентов. Отсюда сети Петри делают возможным моделирование КИС в виде математического представления на основе теории комплектов, которая является расширением теории множеств. Представление КИС в виде сети Петри дает возможность получить информацию о структуре и динамическом поведении КИС [2]. Следует отметить, что наиболее эффективными в случае моделирования и анализа КИС с сервисно-ориентированной архитектурой (СОА) являются раскрашенные сети Петри (РСП) [4].

РСП - это графо-ориентированный язык для проектирования, описания, имитации и контроля

распределенных и параллельных КИС. В отличие от "классических" сетей Петри, в РСП важную роль играет типизация данных, основанная на понятии множества цветов. Для описания динамических свойств в РСП вводится понятие разметки сети с помощью так называемых фишек, размещаемых в определенных позициях. Позиция – имеет определенное значение, определяемое из множества цветов. Цвет позиции, в свою очередь, определяет тип фишек, которые там находятся. РСП представляет собой асинхронную систему, в которой фишки перемещаются по позициям через переходы. Переход перемещает фишку из входной позиции в выходную, если во всех входных позициях для данного перехода присутствует хотя бы одна фишка и выполнено логическое условие, ограничивающее переход (спусковая функция).

Кроме сетей Петри, эффективным аппаратом анализа КИС является теория систем массового обслуживания (ТСМО). Анализ моделей ТСМО в КИС позволяет производить расчет показателей эффективности работы КИС с целью определения оптимального режима их функционирования. Кроме того, в процессе проектирования КИС наличие моделей отдельных фрагментов позволяет адекватным образом выбрать соответствующие параметры оборудования и ресурсов КИС,

осуществлять прогноз состояния КИС. Такой подход обусловлен тем, что, в связи с высокой сложностью современных КИС, проектировщику, как правило, очень трудно проанализировать сразу все показатели функционирования разрабатываемой КИС. Попытка интуитивно выбрать вариант интеграции разнородных продуктов и параметры проектируемой системы может привести к существенной потере производительности на этапе эксплуатации и большим затратам на доработку информационной системы [3,5].

Использование ТСМО для анализа и моделирования КИС, в частности с сервисно-ориентированной архитектурой [6], позволяет, помимо инструмента имитационного моделирования, использовать для исследования аппарат марковских цепей.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

При моделировании и анализе КИС нельзя ограничиться созданием одной модели, что обусловлено сложностью конфигурации взаимодействующих компонентов [6]. Отсюда, учет и анализ характеристик КИС в рамках одной модели весьма сложен и подчас нецелесообразен [7]. В связи с этим, актуальной является задача построения нескольких дополняющих друг друга моделей работы КИС.

Ниже предлагаются две модели работы главного компонента КИС Web-сервера, которые строятся на

основе аппарата сетей Петри и теории систем массового обслуживания.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ КИС

Для разнородных заявок в рамках теории РСП рассмотрим следующий частный случай модели Web-сервера. Модель содержит три источника запросов от пользователей клиентских терминалов, сервер приложений и сервер баз данных (БД). Каждый источник генерирует следующий поток запросов:

- запросы на получение статического содержимого сайта (изображения, статические HTML-страницы, стилевые таблицы и др.);
- запросы на получение информации из БД;
- запросы на сохранение информации в БД.

Имитационная модель КИС в виде стохастической РСП приведена на рис 1. Для моделирования обработки сервером запросов разного типа в модель введены раскраски i в виде маркеров различной формы $\langle \blacktriangledown \blacklozenge \blacksquare \bullet \rangle$. Маркеры, обозначенные кружком, отражают состояние занятости ресурса сервера приложений – обработки запросов каналами сервера приложений.

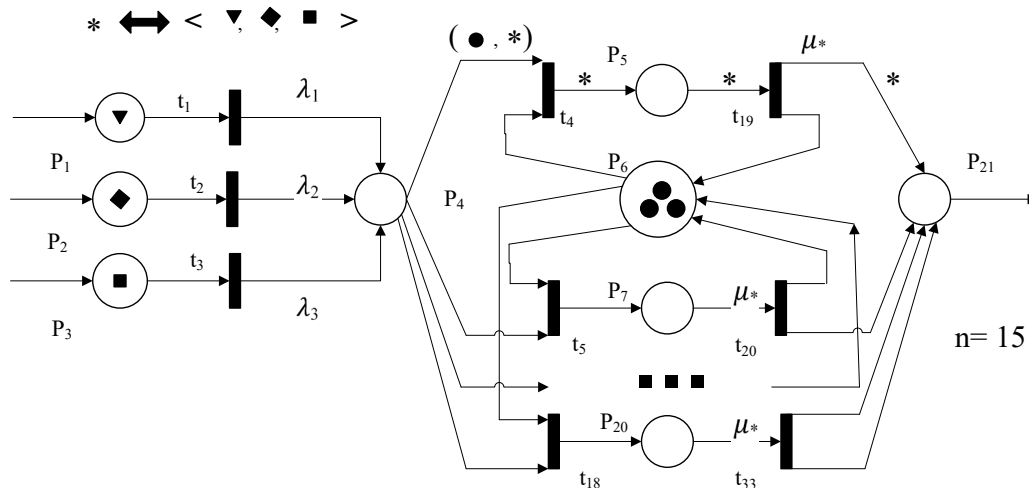


рис.1. Модель Web-сервера в виде раскрашенной сети Петри

Переходы сети Петри t_1, t_2, t_3 связаны с источниками запросов, причем интенсивность их поступления на входы сервера приложений определяется известными значениями интенсивностей $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ соответственно. Множество M каналов сервера представлено как подмножество загруженных каналов M_1 и подмножество свободных каналов M_2 , при условии, что $M_1 \cap M_2 = \emptyset$ и $M = (M_1 \cup M_2)$. Моменты начала обработки запросов сервером приложений определяются переходами t_4, t_5, \dots, t_{18} . При поступлении очередного запроса в момент времени τ_j начинает работать канал обслуживания $Kq \in M_2$ с минимальным номером. Время начала работы канала Kq определяется временем $\tau_k^q = \tau_j$. Окончание обслуживания запросов определяется переходами $t_{19}, \dots, t_{20}, t_{33}$. Время окончания обслуживания с i -той раскраской каналом Kq задается выражением (1):

$$t_k^q = \tau_k^q + \frac{1}{\mu_i}, i = 1, 2, 3 \dots \quad (1)$$

где μ_i - интенсивность обслуживания заявки с i -той раскраской.

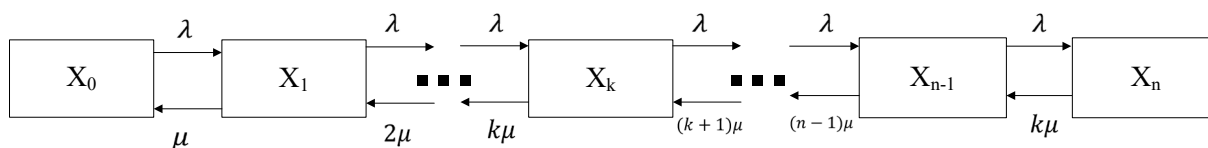


рис. 2. Граф состояний Web-сервера

Работа такой модели системы массового обслуживания (СМО) с точки зрения ТСМО заключается в следующем.

На вход n -канальной СМО подается простейший поток запросов с известной интенсивностью λ . Интенсивность простейшего потока обслуживания запросов каждого канала определяется значением μ . Согласно рис. 2 в данной модели СМО возможно следующее множество состояний:

- X_0 - все каналы свободны, на один запрос не обслуживается;
- X_1 - занят ровно один канал (какой именно – не важно), обслуживается один запрос;
- X_k - занято ровно k каналов (какие именно – не важно), обслуживается k запросов;
- X_n - все n каналов заняты, обслуживается n запросов.

В общем случае, моделирование и анализ КИС на базе РСП весьма сложны и трудоемки, в связи с чем используются специализированные программные продукты. В частности, специализированный пакет CPN TOOLS [8].

В отличие от сетей Петри, ТСМО позволяет помимо непосредственного имитационного моделирования КИС при определенных допущениях относительно входящих потоков запросов и обслуживания получить конечные формулы показателей функционирования КИС в аналитическом виде. Так, для простейших потоков поступления и обслуживания запросов расчет показателей эффективности функционирования КИС можно выполнить на основе дискретных и непрерывных цепей Маркова [9]. В этом случае работу Web-сервера можно представить следующим графом состояний (рис.2), который соответствует однородности потока запросов и отсутствию раскраски в модели сети Петри, представленной на рис 1. Другими словами в модели циркулирует ординарный поток запросов с экспоненциальным распределением.

Если запрос застал все n каналов занятыми, то запрос получает отказ (покидает систему не обслуживаемым).

В рассмотренном ранее частном случае нами было принято, что число каналов обслуживания $n=15$, т.е. Web-сервер настроен для одновременной работы с 15-ю каналами.

Для графа состояний Web-сервера (рис. 2) в соответствии с мнемоническим правилом составления уравнений [4] система дифференциальных уравнений для вероятностей p_i состояний X_i определяется как:

$$\begin{cases} \dot{p}_0(t) = -\lambda p_0(t) + \mu p_1(t); \\ \dots \\ \dot{p}_k(t) = -[\lambda + k\mu]p_k(t) + \lambda p_{k-1}(t) + (k+1)\mu p_{k+1}(t) \\ \dots \\ \dot{p}_n(t) = -n\mu p_n(t) + \lambda p_n(t), \end{cases} \quad (2)$$

где: $k=1, \dots, n-1$.

Система дифференциальных уравнений (2) интегрируется при начальных условиях:

$$\begin{cases} p_0(0) = 1; \\ p_k(0) = 0; p_n(0) = 0 \end{cases} \quad (3)$$

При этом решение системы дифференциальных уравнений (2) удовлетворяет нормировочному условию:

$$\sum_{k=0}^n p_k(t) = 1, \quad (t \geq 0) \quad (4)$$

Заметим, что уравнения (2) являются уравнениями Эрланга [10].

Заметим также, что выражения (2) - (4) справедливы и для случая, когда потоки запросов не являются простейшими, а представляют собой нестационарные пуассоновские потоки. В этом случае интенсивности поступления и обработки запросов $\lambda = \lambda(t)$ и $\mu = \mu(t)$ являются некоторыми функциями времени.

Для нас представляет интерес стационарный режим работы такой модели СМО, когда $\lambda(t) = \text{const}$, $\mu(t) = \text{const}$ при $t \rightarrow \infty$. В реальных условиях функционирования КИС такой режим соответствует установившемуся потокам поступления и обслуживания запросов на достаточно длинном интервале времени. В математическом плане такой режим отвечает эргодичному режиму работы КИС, которому отвечает следующая алгебраическая система уравнений:

$$\begin{cases} 0 = -\lambda p_0 + \mu p_1; \\ \dots \\ 0 = -[\lambda + k\mu]p_k + \lambda p_{k-1} + (k+1)\mu p_{k+1}; \\ \dots \\ 0 = -n\mu p_n + \lambda p_{n-1}, \end{cases} \quad (5)$$

где $k = 1, n-1$.

Решая систему (5) совместно с (4) получаем формулу для вероятностей состояния рассматриваемой модели СМО:

$$p_k = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k}{\sum_{k=0}^n \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k}{k!}}, \quad (k = \overline{0, n}) \quad (6)$$

Введем обозначение: $\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\mu}$, где $\bar{\lambda}$ - равна среднему числу запросов, поступающих в систему за среднее время обслуживания одного запроса в одном канале. Учитывая выражения для $\bar{\lambda}$ и умножая числитель и знаменатель (6) на $e^{-\bar{\lambda}}$, получим:

$$p_k = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k e^{-\lambda}}{\sum_{k=0}^n \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k e^{-\lambda}} = \frac{p(k_1 \bar{\lambda})}{R(n_1 \bar{\lambda})} \quad (7)$$

где $p(k_1 \bar{\lambda})$ и $R(n_1 \bar{\lambda})$ табличные функции пуассоновского распределения [4].

На основании формулы (7) можно получить целый ряд показателей работы компьютерной информационной системы: вероятность простоя, вероятность отказа, среднее число занятости каналов и т. д. В частности, для анализа КИС актуальные следующие показатели:

1. Вероятность обслуживания запроса:

$$P_{\text{обсл.}} = \frac{R(n-1, \bar{\lambda})}{R(n, \bar{\lambda})} \quad (8)$$

2. Среднее время полной загрузки системы:

$$t_{\text{н.з.}} = \frac{1}{n\bar{\lambda}} \quad (9)$$

3. Вероятность занятости хотя бы одного канала:

$$P_{\text{з.к.}} = \frac{P(n, \bar{\lambda})}{P(n, \bar{\lambda})} \quad (10)$$

4. Вероятность отказа:

$$P_{\text{отк.}} = 1 - P_{\text{обсл.}} \quad (11)$$

ПРИМЕР РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Пусть информационная система имеет 15 каналов связи. Поток поступления заявок (документов) в среднем составляет $\lambda = 1 \frac{1}{\text{сек.}}$ среднее время обра-

ботки документа $T=10\text{сек.}$, т.е. $\mu = \frac{1}{10} \frac{1}{\text{сек.}}$. Закон

распределения - экспоненциальный. Необходимо оценить основные характеристики работы информационной системы, в том числе вероятность в медленной обработке документа сразу по его поступлении.

Используя приведенные выше формулы (6) - (11) можем рассчитать следующие показатели работы информационной системы:

Вероятность отказа $P_{\text{отк}} = 0,0365$;

Вероятность обслуживания $P_{\text{обс}} = 1 - 0,0365 = 0,9635$;

Абсолютная пропускная способность $A=1-0,9635 \approx 0$, т. е. все документы, поступающие в систему, практически сразу обрабатываются;

Среднее число работающих каналов связи равна среднему числу запросов:

$$n_{\text{ср}} = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{1}{0.1} = 10$$

Коэффициенты использования и простоя каналов связи:

$$k_{исп} = \frac{n_{сп}}{n} = 0,666; k_{пр} = 1 - k_{исп} = 0,334$$

Если взять число каналов связи $n=10$, то коэффициент использования становится близок к 1 ($k_{исп} = 0,997$). Иначе говоря, в КИС при указанных выше условиях практически отсутствует время простоя каких-либо каналов обслуживания.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА

Пример расчета показателей работы информационной системы показывает, что можно регулировать определенные показатели эффективности работы КИС в определенных пределах в основном за счет числа каналов связи и времени обработки документов. При этом дополнительными каналами связи могут быть не только физические каналы, но и виртуальные динамические каналы связи [11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенные в работе модели сетей Петри и ТСМО для моделирования и расчета показателей работы КИС являются достаточно универсальными с точки зрения характеристик потоков поступления и обслуживания запросов в КИС. ТСМО позволяет помимо имитационного моделирования при определенных допущениях относительно входящих потоков запросов и потоков их обслуживания получить конечные формулы показателей эффективности функционирования КИС в аналитическом виде. Это отражено в приведенном примере расчета показателей работы компьютерной информационной системы при сформулированных условиях ее работы.

Список литературы

1. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / Питерсон Дж. — М.: Мир. 1984. - 264с.
2. Гома Х. UML. Проектирование систем реального времени, параллельных и распределенных приложений. Пер.с англ. - М. ДМК Пресс 2002. - 704 с.
3. Шелухин О.И. Моделирование информационных систем. / Шелухин О.И. М.: Радиотехника. 2005.—368с.
4. Седых И.А. Применение раскрашенных временных сетей Петри для моделирования цементного производства / Седых И.А., Аникеев Е.С. // Вестник Донского государственного технического университета, 2016, №4(87). -С. 140-145.
5. Вен О.И. Оценка качества и оптимизация вычислительных систем / Вен О.И., Гуринов Н.Н., Коган Я.А.. М., Наука, ГРФМЛ, 1982. - 468с.
6. Thomas Erl Web Service Contract Design & Versioning for SOA / Thomas Erl, Anish Karmarkar, Priscilla Walmsley // Hardcover 2011 – 826 p.
7. Исaiченко Д. Измерение процессов управления ИТ / Д. Исaiченко // Открытые системы.— 2011 — №07. — С. 22-28.
8. Бохан К.А. Анализ сетей Петри в среде моделирования CPN TOOLS / Бохан К.А., Худолей М.С.// Харьков, НАУ им. Н.Е.Жуковского, Системи обробки інформації, 2010, вип.9 (90). -С.20-23.
9. Кельберт М. Я. Вероятность и статистика в примерах и задачах / Кельберт М. Я., Сухов Ю. М. // Т. II: Марковские цепи как отправная точка теории случайных процессов и их приложения. — М.: МЦНМО, 2010. — 295с.
10. Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории массового обслуживания / Овчаров Л.А.— М.: Машиностроение.1969. -324с.
11. Stenin A. Modeling and stabilization the operation of Internet voting systems (IVS) / Stenin A., Drozdovych I., Gubsky A., Stenin S.. (Abstracts of the 1st international scientific and practical conference "The world of science and innovation" August 19-21, 2020. -P. 97-105), London, United Kingdom.

MODELING AND CALCULATION OF PERFORMANCE INDICATORS OF COMPUTER INFORMATION SYSTEMS

Alexander STENIN, Oleg LISOVICHENKO, Maria SOLDATOVA, Sergey STENIN

National technical university of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv polytechnic institute"

e-mail: alexander.stenin@yandex.ua, olisov@tk.kpi.ua, benten1093@gmail.com

State customs service of Ukraine - e-mail: serg.stenin@gmail.com

Abstract: Computer information systems, in particular, service-oriented, have a complex configuration of interacting components, accounting and analysis of the characteristics of which within a single model is very complex and sometimes impractical. Hence, in this article two complementary models of web server operation proposed for modeling such systems. The models built on the Markov chains, Queuing theory and colored Petri nets.

Keywords: computer information systems, colored Petri nets, Markov chain apparatus, queueing theory, state graph, load indicator calculation

THE IMPORTANCE OF CONSTRUCTIVE STRUCTURES FOR WOODEN HOUSES

Cosmin SPIRCHEZ Aurel LUNGULEASA

Faculty of Wood Engineering, Transilvania University of Brasov, Romania
e-mail: cosmin.spirchez@unitbv.ro

Abstract: Wooden houses are the best choice for all those who want a natural, economic and ecological home. Wood is a natural that can be processed, has no emissions, is healthy and economical. The wooden houses contribute to a healthy and natural environment.

Keywords: beam, gypsum fiberboard, facade plaster, plywood, wood construction

1. INTRODUCTION

The wood material is used in two main forms:

- solid wood in the form of parts obtained in the natural state
- products based on wood, obtained from solid wood but which has undergone a series of physical-mechanical and chemical processing and which come in different form of reconstruction.

Round wood is obtained from tree trunks by cutting, removing, branches or peeling.

The sawn timber is obtained from the logs of tree by cutting on circular saws, according to the cutting models elaborated according to the needs.

The glued laminated wood consists of several boards glued horizontally own each other. The thickness of these boards must not exceed 30 mm.

Plywood is a structure made up of at least three leayers of cross-linked and glued veneer. The layers of supply are protected separately by specific operations after which they are superimpereal in the package and gluing by pressing.

The panel is a structure made up of two layers of outer veneer and a heart made of solid wood slots.

The boards made of wood chips are made from wood chips mixed with other fibrous materials with binder based on synthetic resins and compressed under certain passive and temperature conditions.

Wood fiber boards are made from wood fibers derived from wood chipping.

2. THE JOINTS OF THE ELEMENTS IN STRUCTURES

The main factors to consider when designing a joint are:

- type and intensity of the efforts to be transmitted by static, dynamic loads, traction, compression, bending, shearing

- the geometry of the bars that join: bars in extensions, bars intersected at a right angle, bars intersected at a sharp angle

In fig.1 are presented in extension joints:

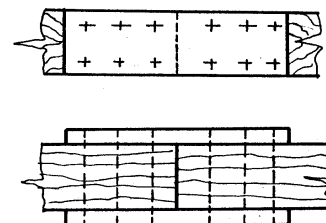
- without effort
- with traction effort
- with compression effort.

The beams allow the connections between two pieces that make a beta angle less than 90 degrees.

Efforts are transmitted directly through the contact surface of the assembled parts.

The main types of assembly are presented in fig.2.

For the dimensions of joints by assembly it is consider: the height of the threshold h_c must be at least 20 mm for beam and 30 mm for round wood beams, the length of the shear threshold must be $l_p > 10h_c$, $l_p > 2h$, $l_p > 150$ mm, the solidarity bolts are mounted separately, the diameter of the bolts resulting from low value calculations is adopted so that represent $\frac{1}{2}$ of the length of the shear threshold.



a

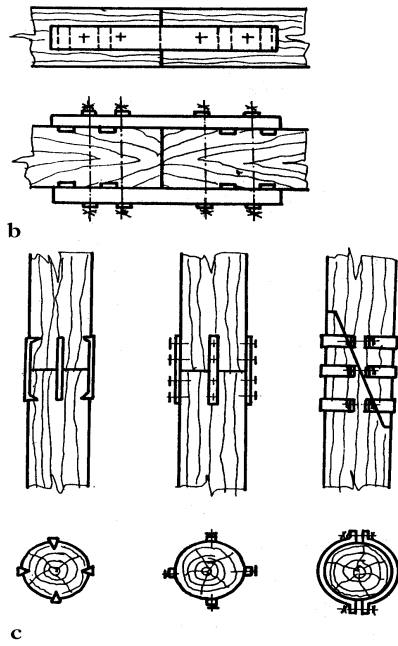


fig.1 Extension joints

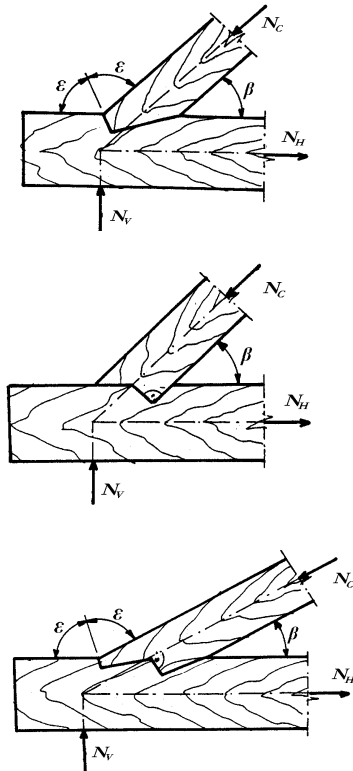


fig.2 Types of assembly

3. INSULATION OF STRUCTURES

In fig.3 is presented a structure for insulation. Structure 1 consists of 1- inside wall, 2- Thermo Hanf, 3- gypsum fiberboard, 4- beam.

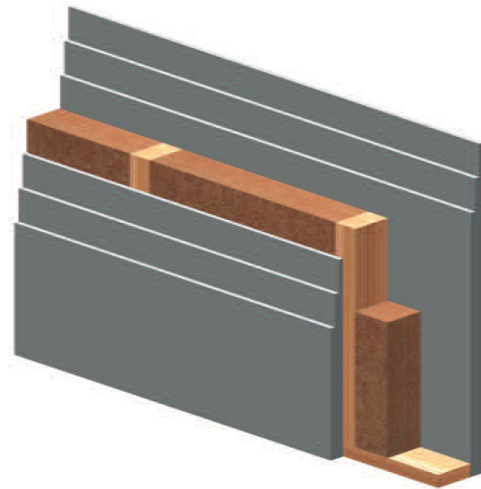


fig. 3 Structure 1 for insulation [5]

In fig. 4 is presented a structure for insulation. Structure 2 consists of 1- inside insulation, 2-wall, 3-Thermo Hanf, 4- Thermo diffusion, 5- Farmacell panel, 6- outside insulation.

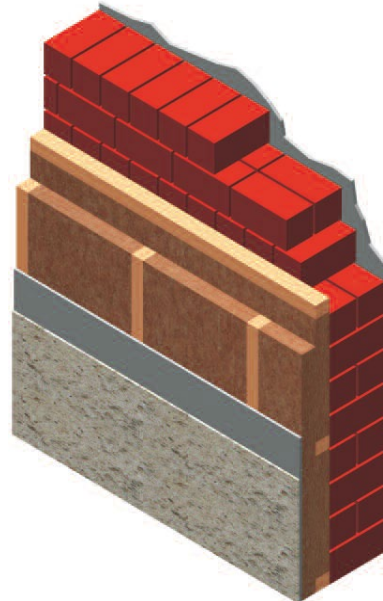


fig. 4 Structure 2 for insulation [5]

In fig. 5 is presented a structure for insulation. Structure 3 consists of: 1- clay panel, 2-diffusion foil, 3- Thermo Hanf, 4- ceiling, 5-plaster.

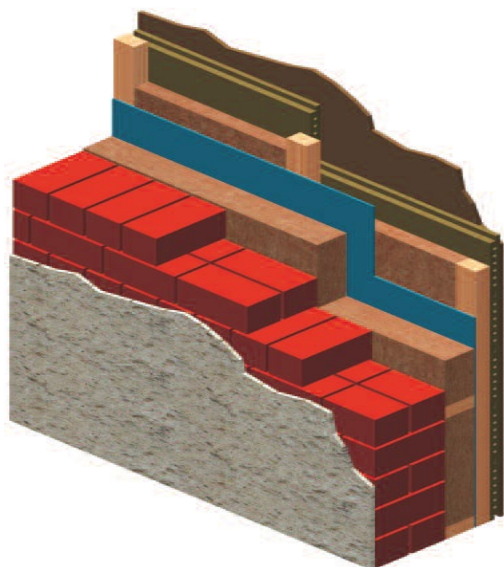


fig. 5 Structure 3 for insulation [5]

In fig.6 is presented a structure for insulation. Structure 4 consists of: 1- clay plaster, 2- clay board, 3- diffusion foil, 4- Thermo Hanf, 5- OSB board, 6- Thermo Hanf, 7- diffusion foil, $S_d < 0.5$ m, 8-wooden facade.

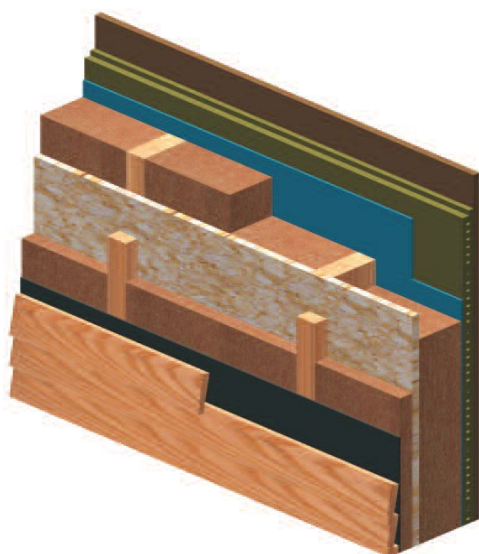


fig. 6 Structure 4 for insulation [5]

In fig.7 is presented a structure for insulation. Structure 5 consists of 1- gypsum fiberboard, 2-OSB board, 3- Thermo Hanf, 4- wood fiber board, 5- Thermo Hanf, 6- foil, $S_d < 0.5$ m, 7- facade plaster.

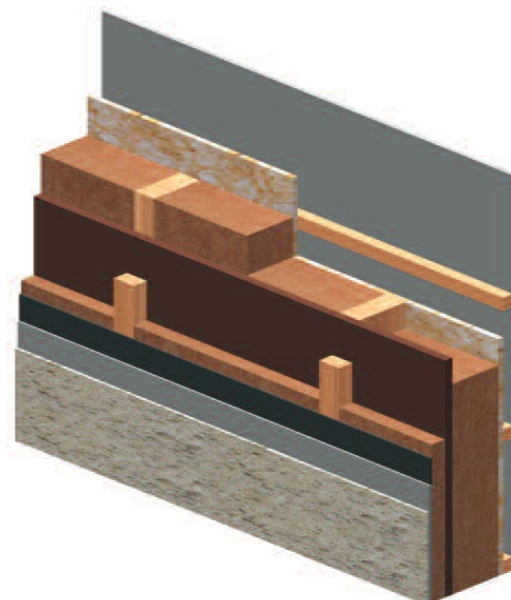


fig. 7 Structure 5 for insulation [5]

In fig.8 is presented a structure for insulation. Structure 6 consists of: 1-gypsum fiberboard, 2-OSB board, 3-Thermo Hanf, 4- wood fiber board, 5- Thermo-Hanf, 6- foil, $S_d < 0.5$ m, 7- wooden façade.

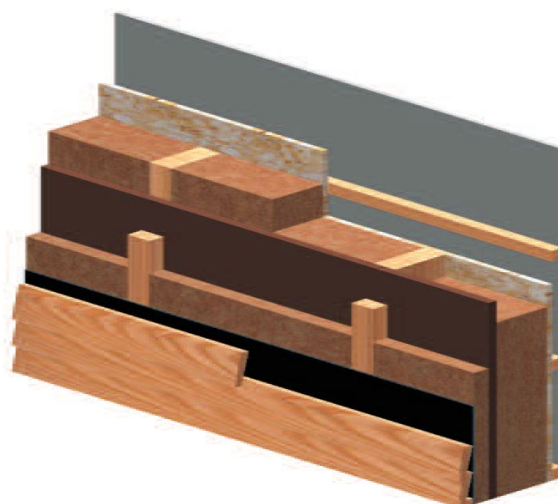


fig. 8 Structure 6 for insulation [5]

In fig.9 is presented a structure for insulation. Structure 7 consists of 1- gypsum fiberboard, 2- OSB board, 3- Thermo Hanf, 4- wood fiber board, 5- support slats.

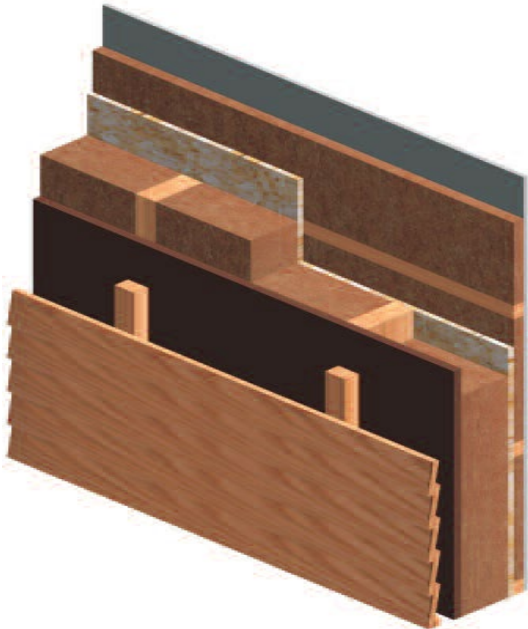


fig. 9 Structure 7 for insulation [5]

4. CONCLUSION

- Wood is a hygroscopic organic material because it circulates water in the growth phase and is essentially made up of water and carbon dioxide
- Placing the wood in the work requires artificial drying. In this phase appears dimensional instability
- The anisotropy of the wood is the result of the organization of the wood material after that 3 directions: longitudinal, tangential and radial.

References

1. **Cotes A**, Eco-managementul cladirilor si al ansamblurilor rezidentiale- Ghid practice de realizare si intretinere a unei cladiri ecologice realizat in cadrul proiectului
2. **Lazarescu, C**, Constructii din lemn, Editura Universitatii Transilvania din Brasov, 2008.
3. **Mentford, S., Small, E**. Measuring ham and benefit: The biodiversity friendliness of Cannabis sativa. In: Global biodiversity 1999.
4. **Piotrowski, S., Carus M**. Ecological benefits of hemp and flax cultivation and products, nova institute 2011.
5. **www.thermo-hanf.de**

THE IMPORTANCE OF CONSTRUCTIVE STRUCTURES FOR WOODEN HOUSES

Cosmin SPIRCHEZ Aurel LUNGULEASA

¹Faculty of Wood Engineering, Transilvania University of Brasov, Romania
e-mail: cosmin.spirchez@unitbv.ro

Abstract: Wooden houses are the best choice for all those who want a natural, economic and ecological home. Wood is a natural that can be processed, has no emissions, is healthy and economical. The wooden houses contribute to a healthy and natural environment.

Keywords: beam, gypsum fiberboard, facade plaster, plywood, wood construction

DESIGN OF A STEERING MECHANISM FOR A PERSONAL MICRO-TRANSPORTATION UNIT

Rosen FICHEROV¹ Petko STOEV²

¹FDIBA, Technical University – Sofia, Bulgaria

e-mail: ross26leon@gmail.com

²Institute of Information and Communication Technologies – BAS

e-mail: petko_ivanov_stoev@abv.bg

Abstract: The demand for safe and sustainable, eco-friendly transportation devices to provide easy and fast transportation for people in urban areas, as well as assisting them in some everyday tasks has become popular during the recent decade. With the advancement of the technology, solutions, such as electric scooters, bikes and boards are being developed. A problem which needs an optimal solution is their steering, which in most cases is either slow, limited, difficult or unsafe to navigate or the mechanism is too complex and expensive. An answer to this problem can be given through the development of an intuitive and simple steering system providing better turning as well as better stability and durability. In this paper an alternative solution to the existing steering systems has been proposed. Designed to provide through its simplistic and intuitive design, the mechanism aims to deliver easier use and service as well as safer, quicker and smoother steering.

Key words: Micromobility, Electric, Transport, Sustainability, Scooter, Steering, Stability, Durability, Intuitive, Reliable.

1. INTRODUCTION

Micromobility has an enormous potential as a transportation alternative of the future. As well as public transportation, it's a real alternative to a car in the urban areas.

Theoretically, micromobility could impact anyone traveling fewer than 8 to 10 kilometres a day. That is more than 60 percent of the paths travelled worldwide, according to a study by McKinsey [5].

In this report, a comparison between different steering mechanisms has been made and an alternative design of a steering mechanism for urban personal transportation unit has been proposed. The proposed steering mechanism aims to be sustainable, cost-oriented, designed to be simple, effective and intuitive.

1.1 Aims and objectives

The goal of this paper is to find and develop, based on a research of existing alternatives, a solution for an easier, more reliable, stable and intuitive way of steering for micro-vehicles based on the development of a prototype of a three-wheeled electric vehicle. The prototype has a few fixed in-design parameters that has to be met. The user's acceleration or deceleration will be by using push up switch in order to go forward and backwards in the direction he or she wishes to travel. The steering provided should result in better stability stats and easier interaction for the user. A smartphone

to be connected to the handling console, with option not only to be charged, but also to be used as a screen, in order to give information about the current state of the vehicle, including speed or battery status. Also to be used as a navigation device whenever needed.

Necessity:

In our current project, the aim is to be produced at low cost and highly efficient rate. Another aim of this project is to prepare the vehicle purely on conceptual stage.

Objectives:

The objectives of this project are:

- To develop an efficient, intuitive, sustainable, stable and safe micro-vehicle.
- To exclude any very difficult ways of interaction or manipulation in order to provide easier communication between users of all ages, genders and nationalities and the vehicle.
- Developing a multi-functional vehicle.

There have been several different variations of micro-mobility out there with different, features, designs, and most importantly for the current topic, different steering mechanisms in terms manipulation and operating principle - Fig.1. Nowadays, only few models of personal transportation devices have been commercialized. While the others either failed to grab the attention of any major premises to invest upon their development even in the early prototype stage. In the following sections, several different steering mecha-

nisms will be discussed in detail and considered, based on their advantages and drawbacks, as a base for the development of an alternative steering mechanism design.



fig.1 Micromobility

1.2 Criterial analysis

- Segway – Self - balancing navigation mechanism - Fig.2 – Applies to hover-boards as well.



fig.2 Segway steering

The Segway consists of four major elements: the wheel and motor assembly, the sensor system, the circuit board brain and the operator control system. The primary sensor system is an assembly of gyroscopes.

The Segway HT has five gyroscopic sensors, though it only needs three to detect forward and backward pitch as well as leaning to the left or right (termed "roll"). The extra sensors add redundancy, to make the vehicle more reliable. Additionally, the Segway has two tilt sensors filled with electrolyte fluid.

All of the tilt information is passed on to the "brain" of the vehicle, two electronic controller circuit boards comprising a cluster of microprocessors [7].

Advantages	Disadvantages
Intuitive	Expensive for manufacturing
Lighter than similar mechanisms	Requires frequent maintenance
	Limited control in extreme situations

• HUB-centre steering

Hub-centre steering (HCS) is one of several different types of front end suspension/steering mechanisms used in motorcycles and cargo bicycles. Hub-centre steering is characterized by the steering pivot points being inside the hub of the wheel, rather than above the wheel in the headstock as in the traditional layout. Most hub-centre arrangements employ a swing arm that extends from the bottom of the engine/frame to the centre of the front wheel.



fig.3 Vehicle with a Hub-center steering.

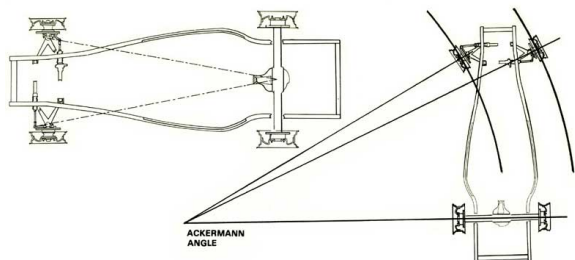
The advantages of using a hub-centre steering system instead of a more conventional motorcycle fork are that hub-centre steering separates the steering, braking, and suspension functions.

“Hub-centre steering systems use an arm, or arms, on bearings to allow upward wheel deflection, meaning that there is no friction, even under braking. Braking forces can be redirected horizontally along these arms, or tie rods, away from the vertical suspension forces, and can even be put to good use to counteract weight shift. Finally, the arms typically form some form of parallelogram which maintains steering geometry over the full range of wheel travel, allowing agility and consistency of steering that forks currently cannot get close to attaining.” However, the hub centre steering's weak point is the steering feel. Complex linkages are involved in the process of steering, and this can lead to loose, or inconsistent movement of the handlebar across its range.

Advantages	Disadvantages
Separation of steering, braking and suspension functions	Very complicated linkages
Doesn't require a really strong frame – the vehicle is lighter	Visually non-appealing
No friction problems	Wide turning angle

• Ackerman steering mechanism – Automobile steering

“The most conventional steering arrangement is to turn front wheels using a hand-operated steering wheel which is positioned in front of the driver, via the steering column, which may contain universal joints(which may also be part of the collapsible steering column design), to allow it to deviate somewhat from a straight line”. This type of steering is called “Ackerman steering” and it’s widely used as a steering mechanism in four and three wheeled vehicles, such as cars.



Although Ackerman steering system provides easy and smooth steering response, the linkages of the mechanism are complex and expensive. Also some of the mechanisms have a limited compatibility. From an ergonomic aspect, using a steering wheel, may also result in arm fatigue.

There are a few different variations of this steering type:

- Rack and pinion – Fig.5

Rack and pinion is the system mostly used in road vehicles today. A pinion is connected by the steering column to the steering wheel. When the steering wheel is rotated, it turns the pinion which is meshed with the mating rack teeth. [9].

- Recirculating ball

Another mechanism that is being used in car steering system is the recirculating ball. The steering column shaft is connected to a worm gear inside a steering box. The worm gear acts like a screw and moves the balls back and forth as the worm gear rotates one way or another. The ball nut is held from rotating so that it

moves along the worm gear as it rotates. This movement rotates a sector gear using teeth on the side of the ball nut, which, during the turn, moves the pitman arm. That causes linear motion on the steering linkages in order to turn the front wheels. – Fig.6

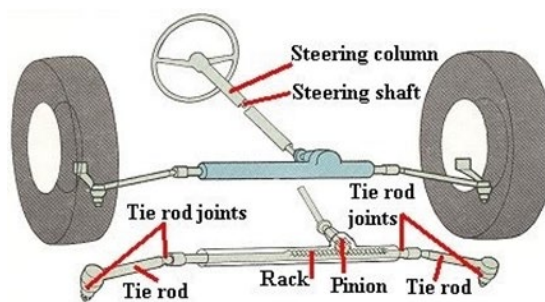


Fig.5 Rack and pinion steering mechanism

Advantages	Disadvantages
Cost less than alternative mechanisms	Multiple links and components
Very good steering response	Suitable for lighter vehicles
Very compact	Arms – fatigue may occur

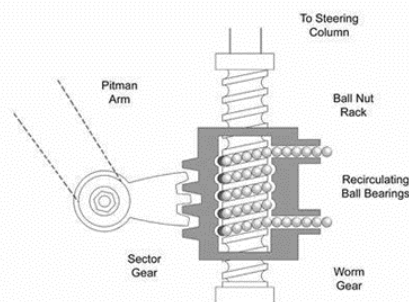


Fig.6 Recirculating ball mechanism

Advantages	Disadvantages
Low friction between the components	Not suitable for a front wheel - drive vehicle.
Compact design	

Taking everything to consideration, although all mechanisms have some profits, they also have some major drawbacks which affect their work in different ways.

2. CONSTRUCTION

The design of the mechanism proposed combines the simplicity of a mountain - board suspension and independent, extending bars, connecting the wheels

and the initial suspension, thus providing a better steering angle and stability. The overall vision of the mechanism, though built of different in character and multiple components, is symmetrical and well balanced optically in terms of its components and details. The idea is not only to be easy to construct and service, but from a psychological aspect, to create on a subconscious level a sense of security, safety and reliability.

The design is compliant with ergonomic and technical standards and specifications.

The mountain-board suspension is very simple and common amongst the micro – vehicles. It consists of a main part, called a channel truck – Fig.7



Fig.7 Channel truck

“Mountain-board, similarly to longboard trucks are the components made up of a hanger, damping and/or spring system, and axles which attach the wheels to the deck. They also have the mechanisms required to allow the board to turn. Channel trucks are common on mountain-boards, and are made up of an axles mounted to the truck bottom piece, which is suspended from a top hanger by a kingpin. They are mounted to the deck using nuts and bolts through the hanger part, on an angle, (usually about 40°). When the board is tilted laterally the axles turn together to angle the wheels in the direction of the turn. Two polyurethane dampers sometimes known as "egg shocks" are mounted between the hanger and the axle housing on each truck to provide resistance to the lean of the rider during turning. Springs are mounted in the same place with the dampers inside them. The 'shocks' present in channel trucks are there to dampen the turning system, and help reduce the oscillations of the trucks on the board commonly described as speed wobble. The springs are there to return the deck to centre after a turn has been performed, neither are there to provide suspension between the deck and axles. They have a kingpin that can't move vertically which prevents this. [10] Adding the independent ribs reduces the pressure on the springs and extends the wheelbase for a more stable drive. - Fig.8



Fig.8 Extension ribs, connecting the channel truck and the wheel hub.

3. FORMATION AND SILHOUETTE INTEGRITY

The open, simple and likable design of the mechanism indicates the essence of it - it is a reliable, safe and intuitive mechanism to contribute for an easy and smooth steering of the vehicle.

Overall the forms of the mechanism are designed not only to gain the trust of the audience, being somehow visually similar to existing, well known alternatives, but it also contributes very well with the overall design of the scooter. Based on symbiosis of contrasts in shapes, the overall feeling for the scooter is that it has harmonic appearance. This way the psychological barrier between the users and the scooter will be overcome.

The proposed design had to take into account that the different width of the truck will affect the way the scooter navigates in order to provide quicker and easier steering.

Narrower Trucks are maneuverable and allow the application of higher pressure on the ground when during turns. Therefore, these trucks are ideal for carving, slaloming and cruising the city. If your board doesn't have cut-outs, you should think about using riser pads to prevent wheelbites. On the contrary, wider trucks are less responsive, yet provide stability at high velocity.

The height of the truck is measured from the bottom of the baseplate to the middle of the axle. While wheel size and the type of mounting affect the height of the board, the truck height can directly influence the riding properties of the setup. Generally speaking, the dif-

ferences between high and low trucks can be summed up as in the following table:

High Setup	Low Setup
More stability at high speed	Surfy riding with deep turns
Trucks can be loose / less risk of wheelbites	Trucks should be harder / higher risk of wheelbites
Pushing and foot brake are harder	Pushing and foot brake are more comfortable
Predictable and controllable slides	Less controllable slides, wheels regain their traction faster

Extension ribs are with a total length of 25cm. and a width of about 10 cm. in the widest part. These are the perfect proportions to make the vehicle more stable, yet the whole mechanism still looks visually appealing, compact and secure.

4. SOLUTIONS AND METHODS OF OPERATION

In order to achieve a very easy and intuitive way of steering, a very simple mechanism is used. The method of operation in order to turn is called “Leaning”. It is very simple and widely used amongst Skateboards, Longboards and Mountain-boards. “Lean describes the angle the board leans when pressure is applied to the edges of the deck. The pressure applied to the board determines the radius of the turn the board makes. If the board leans a lot, the lean is called - high; if it barely leans, the lean is low. Physically speaking, in a 45° truck, the lean and turn are equal. It’s possible that high lean and a big turn-radius are responsible for the fact that trucks with a low angle can be easier to control.”

The designed mechanism provides better steering and stability by attaching two extending independent ribs, connected via cylinders. This way, in addition to the leaning mechanic, the wheels of the scooter turn sideways, which provides a narrower steering angle, which is an advantage in urgent situations. In addition, the extension of the wheelbase, with the ribs, makes the navigation of the scooter easier and smoother, while remaining agile and responsive [10].

5. CONCLUSION

The design proposed in this paper gives solution to the problem with steering mechanisms for personal urban

micromobility transportation unit. Based on the research it has been confirmed that the proposed designed steering mechanism avoids many of the disadvantages of the existing alternatives. It provides better steering angle and better stability throughout the turn. In addition the mechanism is relatively simple and cost oriented, providing easier service and more intuitive use.

6. FUTURE STEPS

Experiments and analyses of the results obtained are planned to be made, with the participation of different people in a real-life interaction with the initial prototype of the vehicle, using this particular steering system.

Acknowledgements

The authors would like to acknowledge with much appreciation the crucial role of Eng. Stelios Mesochorianakis, NPD Quality Engineer, project manager and manufacturing expert, for providing us with important information and details for the report.

References

1. **Azeemi, S. T. Y., & Raza, S. M. (2005).** A Critical Analysis of Chromotherapy and Its Scientific Evolution. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, p481–488. <http://doi.org/10.1093/ecam/neh137>
2. **Chellappa, S. L., Ly, J., Meyer, C., Balteau, E., Degueldre, C., Luxen, A., Phillips, C., Cooper, H., & Vandewalle, G. (2014).** Photic memory for executive brain responses. Proceedings of the National Academy of Sciences.
3. Chester Energy and Policy, “The electric scooter fallacy: Just because they’re electric doesn’t mean they’re green,” June 11, 2018.
4. Institute for Transportation and Development Policy (2019). "The Electric Assist: Leveraging E-bikes and E-scooters for More Livable Cities". Retrieved April 7, 2020.
5. McKinsley & Company, PRESSEMITTEILUNG (agcs) system. 13th International Pacific Conference on Automotive Engineering, Gyeongju, Korea, pages 1-6, 2005.
6. WEF 2018_Electric_For_Smarter_Cities.pdf
7. https://www.academia.edu/25875209/Design_fabrication_and_analysis_of_a_3_wheel_segway_fail_safe_-12.10.2021
8. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/22/9505/pdf-02.10.2021>
9. <https://www.motortrend.com/how-to/steering-systems-101-rack-and-pinion-vs-recirculating-ball/> - 28.09.2021
10. <https://www.skatedeluxe.com/blog/en/wiki/longboarding/longboard-wiki/> - 08.10.2021

СЕНЗОРНИ ТЕХНОЛОГИИ В УМНИТЕ ФАБРИКИ

Ирена АЛЕКСАНДРОВА

„Служба по трудова медицина Ирен М“ ЕООД

e-mail: irealeksandrova@tu-sofia.bg

Резюме: Целта на настоящата разработка е да представи последните достижения при сензорните технологии, осигуряващи на производителите невиджани досега възможности по отношение събирането и управлението на данни, както и да акцентира върху важността им за превръщане на тежките и тромави производствени машини в свързани и адаптивни високотехнологични платформи.

Ключови думи: сензорни технологии, интелигентни сензори, умни фабрики

1. ПРОМИШЛЕНОТО ПРОИЗВОДСТВО НА НОВОТО ВРЕМЕ

Еволюцията на промишленото производство в хода на четвъртата индустриална революция завинаги трансформира начина, по който възприемаме заводите. От конвенционални физически обекти, помещаващи механично оборудване, техника и съоръжения, те се превръщат в “живи” екосистеми от свързани и комуникиращи помежду си интелигентни машини и процеси. Умните производствени бази, изградени върху концепцията за Industry 4.0, сливат в едно физическите и кибертехнологиите, задавайки нови стандарти по отношение на производителността, ефективността и качеството. Всичко това става възможно благодарение на сензорните решения от ново поколение, които се отличават с все по-достъпни цени и богат набор от възможности. Така в епохата на Internet of Things, когато почти всяко традиционно устройство може да придобие интелигентна функционалност с помощта на съответните вградени сензори, производствените процеси стават по-управляеми, адаптивни и прозрачни.

2. ТРАНСФОРМАЦИЯТА INDUSTRY 4.0

Адаптивността е сред ключовите предимства на дигиталните фабрики пред традиционните цехове и заводи. Тя се корени във възможността на производствената екосистема да реагира в реално време на всякакви промени от външната и вътрешната среда, непрекъснато преориентирайки процесите и ресурсите към оптимална ефективност. Благодарение на значително по-ниската си себестойност в сравнение с предшествениците си, нискоенергий-

ните сензори от последно поколение позволяват масова интеграция в различни типове полеви системи и устройства. Така става възможно генерирането, събирането и обработката на гигантски масиви от данни за работата на производственото оборудване.

В ядрото на мащабни и иновативни технологични парадигми като IoT и Big Data реално се намират именно сензорите – миниатюрни устройства с фундаменталното значение на основни градивни единици на дигиталното производство. Интелигентната свързаност, която IoT осигурява на полевите устройства и системи, прави възможно събирането на информация за производствените процеси и активи, нейния анализ и инициерирането на информирани действия с опция за адаптиране в реално време към променящите се и/или нарастващи нужди на предприятието – нови пазари, продукти, клиентски потребности и т. н. Технологичните процеси и оборудване са с висока степен на автоматизация и дигитализация, а комуникацията между отделните елементи на производствената мрежа се случва с минимална човешка намеса. Физическата действителност е свързана с виртуалната реалност с помощта на облачно базирани IoT платформи, които осигуряват изключителна гъвкавост и управляемост на производствените системи.

За да са налице възможности за оптимална производителност и ефективност, IoT архитектурата трябва да позволява работа с различни безжични протоколи и да дава възможност за лесно мащабиране и разширяване чрез добавяне на нови сензорни устройства, например чрез универсални USB портове.

3. СПЕЦИФИКИ НА УМНИТЕ ФАБРИКИ

В основата на интелигентните заводи се намират технологиите, които позволяват генериране и събиране на данни. Сред тях са умните сензори, измервателни прибори, двигатели, роботизирани системи и други типове системи и устройства, ангажирани с мониторинг и проследяване на работата на производствените машини и линии. За разлика от традиционните фабрики, интелигентните заводи могат да усвояват информация от различни физически и виртуални активи, както и от персонала си, с цел да оптимизират поддръжката, инвентаризацията, цифровизацията и други технологични аспекти на производството.

Съгласно общата дефиниция, една умна фабрика се отличава с четири основни характеристики – свързаност и сензорни технологии, универсална оперативна съвместимост, висока степен на процесна интеграция и виртуални технологии. [1,4] Сензорите имат функцията автоматично да се организират, обучават и поддържат информационни бази с цел анализ на поведението и свойствата на производствените активи и системи. Интелигентните сензори разполагат с възможности да вземат автономни решения, на чиято база да се инициират промени в работната среда.

Оперативната съвместимост между различните технологии и устройства в производствената мрежа позволява тяхното свободно свързване и лесно координиране благодарение на високата гъвкавост по отношение на протоколите за конфигурация.

Роботите и базираните на изкуствен интелект технологии, от своя страна, създават възможности за висока степен на интеграция между процесите, която позволява значително оптимизиране на производствената ефективност. Техниките за виртуална реалност пък улесняват взаимодействието между човека и машините, като виртуализират самите производствени процеси и активи с помощта на компютърни платформи, обработка на сигнали, интелигентни алгоритми, прогнозиране, моделиране, симулация, анимация и мултимедийни технологии.

4. КЛЮЧОВИ СЕНЗОРНИ ТЕХНОЛОГИИ

Интелигентните фабрики са съставени от умни машини, устройства и контролно оборудване, ко-

ито осъществяват мониторинг на съществени параметри на технологичните процеси. В тях е налице устойчива и прецизна колаборация между отделните технически системи, а изграждането на свързана полева инфраструктура задава нови изисквания по отношение на надеждността и точността на сензорите.

Наред с тях базови елементи на интелигентната заводска архитектура, са задвижващите механизми, изпълнителните устройства, контролерите и управляващите контури. Сензорните технологии имат ключова роля за функционирането на цялата производствена платформа, тъй като събират и подават прецизни данни към оборудването и процесите с цел оптимално продуктово качество. Сензорите могат да бъдат активни или пасивни, електрически, оптоелектрически или електронни устройства, изградени от чувствителни материали, които следят за наличието на конкретен обект или функция в работната зона.

В голяма част от случаите даден физически стимул се преобразува в електрически сигнал, който в последствие може да бъде оценен и анализиран, и на база резултатите да се взимат решения по отношение на технологичните операции. Последните достижения при сензорните технологии осигуряват на производителите невиджани досега възможности по отношение събирането и управлението на данни.

Няколко основни вида сензори се използват успешно при управлението на промишлени процеси в интелигентните фабрики. Сред тях са сензори за температура, влажност, позиция, различни продуктови параметри и т. н. Те намират приложение в широк кръг от дейности, включително преместване/транспортиране на части, компоненти и изделия, управление на роботизирани процеси и механична обработка, управление на работната среда, контрол на микроклимата и т. н. [3]

5. “КОНВЕНЦИОНАЛНИ” СЕНЗОРИ В УМНИТЕ ФАБРИКИ

Тъй като температурата директно влияе върху свойствата на материалите и качеството на продуктите, тя е един от критичните параметри, които се измерват и управляват в индустриалното производство. Температурните сензори могат да измерват топлинните характеристики на газове, теч-

ности и твърди субстанции. През последните години на пазара се налагат модели, специално разработени за работа в агресивни среди с наличие на електрически смущения, химикали, риск от механични взаимодействия и т.н. Най-общо използваните в дигиталните фабрики решения от този тип могат да бъдат подразделени на два типа: нискотемпературни (с диапазон на отчитане от -100 до +400°C, при които чувствителните елементи най-често са фосфор, полупроводници или течни кристали) и високотемпературни (с работен обхват от +500 до +2000°C, базирани на излъчването на абсолютно черно тяло).

Сензорите за налягане имат способността да улавят изменения в налягането и да ги трансформират в електрически сигнал, като приложеното налягане определя количествения фактор на сигнала. Те измерват големината на сила в газова или течна среда. Обикновено това са електромеханични устройства, които изпращат контролни сигнали към съответните средства за визуализация. [3] Таква системи могат да бъдат използвани и за регистриране на атмосферни промени. Например барометричните датчици за налягане са способни да доловят изменения в атмосферните условия, които служат като база за изготвяне на прогнози или дефинирането на тенденции и модели. Друг пример са вакуумните сензори, които се използват в среди, в които налягането във вакуум е по-ниско от атмосферното. Тази разлика може да бъде трудно доловима посредством някои механични методи.

Сензорите за позиция са проектирани за регистриране на пространственото местоположение на клапани, врати, дросели и други механични елементи. Обикновено са оборудвани с технологии за проследяване на локация с цел прецизното определяне на позицията на инструменти, обработвани изделия и др. Датчиците за движение (които инициират действия като осветяване с прожектор при долавянето на движение например) и сензорите за близост (които констатират кога даден обект е навлязъл в работната зона на датчика) изпълняват функции, подобни на сензорите за позиция и са често използвани в различни приложения в съвременните умни фабрики.

Датчиците за сила са предназначени да преобразуват приложения опън, натиск и т. н. в електрически сигнал, който отразява тяхната големина.

Впоследствие сигналът се изпраща към индикатор, контролер или компютър, който информира оператора за хода на развитие на технологичните процеси. В интелигентните фабрики се използва голямо разнообразие от сензори за сила, като типът им зависи от вида на измерваната величина.

Сензорите за поток/дебит измерват движението на газове, течности или твърди тела в тръбни системи или тръбопроводи. Те се използват широко в т. нар. процесни индустрии и позволяват коригиране на работата на технологичното оборудване с цел постигане на оптимална производителност и ефективност. Датчиците за дебит могат да бъдат електронни (с ултразвукова технология за измерване на дебита) или електромеханични.

6. ИНТЕЛИГЕНТНИ СЕНЗОРНИ ТЕХНОЛОГИИ

Наред с останалите технологични иновации, свързани с навлизането на четвъртата индустриална революция в съвременната производствена практика, интелигентните сензори намират все по-широко и разнообразно приложение в дигиталните фабрики. Интеграцията на изчислителни процеси и IoT решения в индустриалните операции позволява надграждане на конвенционалните сензори с интелигентни функции и превръщането им в умни системи, способни да извършват комплексни изчисления със събраните големи обеми данни. [2] Освен с разширени възможности, умните датчици се отличават с по-компактни габарити и повишена гъвкавост, които им помагат да превърнат тежките и тромави производствени машини в свързани и адаптивни високотехнологични платформи. Сред предимствата им са: функции за кондициониране на сигнали, вградени алгоритми и цифрови интерфейси, както и възможности за самодиагностика и самокалибриране в реално време. Благодарение на това цифровизираните производствени системи могат незабавно и автоматично да се преориентират към моментните работни условия.

Интелигентните сензори за умни фабрики от ново поколение са специално разработени като гравивни компоненти за IoT платформи, предназначени да преобразуват информация в реално време в дигитализирани данни, които могат да бъдат изпратени към съответния гейтуей/шлюз. Благодарение на всичко това умните датчици могат да

прогнозират и проследяват в реално време различни сценарии, както и незабавно и автоматично да предприемат необходимите коригиращи действия.

Сложните многопластови операции като събиране на сурови данни, регулиране на чувствителност, филтриране, регистриране на движение, анализ и комуникация са сред основните функции на интелигентните сензори.

Безжичните сензорни мрежи (WSN) например са сред приложенията на тази технология. При тях всеки възел е свързан с един или повече сензори или сензорни хъбове, създавайки своеобразна комуникационна архитектура. В резултат информацията от различните датчици може да бъде комбинирана с цел да се направят изводи по отношение на съществуващ проблем – например данните от сензорите за температура и налягане да бъдат използвани в откриването на причината за авария на механичното оборудване.

7. КАЛИБРИРАНЕ И САМОДИАГНОСТИКА

Способността на един сензор да определи нормалната си функция се дефинира като функция за калибриране. То е възможно в много сценарии, като за отделните типове сензори се използват различни технологии. Датчиците с електрически изход например извършват калибриране на базата на известна референтна стойност на нивото на напрежението. Динамометричните датчици, които намират приложение в различни системи за измерване на тегло, могат да настроят изходния си сигнал към нулева стойност, когато не се прилага сила. Други типове сензори пък търсят базовата стойност за самокалибриране в библиотеки/таблици с предварително зададени варианти.

Това обаче обикновено изисква голям капацитет по отношение на паметта за съхранение, за да е възможно запазването на точки за коригиране при наличието на огромни обеми събрани данни по време на работните процеси. В много случаи се предпочитат варианти с метод на интерполация, при който калибрирането се извършва на базата на малка матрица с корекционни точки.

Интелигентните сензори могат да се самодиагностицират чрез улавянето на вътрешни сигнали за наличието на проблеми от различен произход. Различаването на отклоненията в нормално измерваните стойности и неизправностите в работата на датчика може да се окаже предизвикателство за някои модели. Най-често то се преодолява посредством запаметяване на множество измерени стойности около предефинирания праг и отчитане на минималните и максималните стойности на измерваната величина.

Благодарности

Бих искала да изкажа своята дълбока признателност към хората, които се превърнаха в двигател на стремежа ми към придобиване на нови знания и продължаване на моето развитие в научната сфера - целия преподавателски колектив от специалността „Техническа безопасност на работно оборудване” към Машиностроителен факултет, Технически университет – София.

Литература

1. **Сензорите в умната фабрика** – сп. Инженеринг ревю - брой 4/2021 • 24.06.2021, стр. 20-26
2. **ABI Research** Evolution of Sensors for Smart Factory Applications, 2018
3. **Kalsoom E., Ramzan N., Ahmed S., Rehman M.** Advances in Sensor Technologies in the Era of Smart Factory and Industry 4.0, 2020
4. **Shi Z., Xie Y., Xue W., Chen Y., Fu L., Xu X.** Smart factory in Industry 4.0. Systems Research and Behavioral Science, 2020, vol 37, issue 4, p. 607-617

SENSOR TECHNOLOGIES IN SMART FACTORIES

Irena ALEKSANDROVA

Occupational Medicine Service Iren M EOOD

e-mail: ireleksandrova@tu-sofia.bg

Abstract: The aim of this paper is to present the latest advances in sensor technology, providing manufacturers with unprecedented opportunities in data collection and management, as well as to emphasize their importance for turning heavy and cumbersome production machines into connected and adaptive high-tech platforms.

Keywords: sensor technology, intelligent sensors, smart factories

ЕРГОНОМИЧНОТО МЯСТО ЗА ЖИВОТ И ОНЛАЙН ОБУЧЕНИЕ

Василена ПЕТКАНСКА Иванка ЛУКАНОВА Стивън МАНАХОВ

Студент от Машиностроителен факултет, специалност „Инженерен дизайн“, Технически университет - София, България; e-mail: vpetkanska@tu-sofia.bg, ilukanova@tu-sofia.bg, smanahov@tu-sofia.bg

Резюме: В доклада е разработена студентска стая за настаняване на един човек, която се намира в голям студентски комплекс. Направено е проучване на материалната база и услугите, които предлагат общежитията в няколко европейски държави, както и на основните нужди на българските студенти, ползващи общежитие. Направен е ергономичен анализ на пространствата, в които студентите извършват своите дейности: спане и почивка, хранене, готвене, работа, учене, спорт, забавление. Разработени са ергономични скици, разгледани са функционалните зони, изработени са чертежи на потенциалния потребител, извършващ различни дейности. Въз основа на казаното дотук е проектирана студентска база, предлагаща условия за тях. Разгледани са съществуващи решения на мебели и други интериорни компоненти. Представена е визуализация на проекта. Направени са изводи относно актуалността на проблема спрямо наложителното онлайн обучение.

Ключови думи: ергономия; интериор; дизайн; онлайн обучение; студентска стая

1. ПРОУЧВАНЕ, ПРЕДХОЖДАЩО СЪЩИНСКО ПРОЕКТИРАНЕ

1.1 Проучване на общежития в различни държави

България, ТУ-София: На разположение са 10 блока студентски общежития. Три от тях - № 2, № 3 и № 4, се намират в непосредствена близост до Университета, а останалите са в Студентски град. Две от студентските общежития - № 54 и № 59, са специално обособени за настаняване на семейни студенти. Блоковете имат изградена система за контролиран достъп и постоянно видео наблюдение. Отоплението се управлява автоматично, в зависимост от температурата на околната среда. Стаите имат необходимото обзавеждане за пълното удовлетворяване на жилищните нужди. [1]

Германия: Общежитията обикновено са смесени. Размерите на стаите варират от 9–18 квадратни метра. Студентските общежития са напълно обзаведени (легло, бюро, стол, гардероб). Много от общежитията имат специални зони за организиране на партита, които обикновено са чудесно място за срещи с нови хора. [2]

Англия: Включва основна стая за учене и спане, снабдена с необходимите за това мебели, които университетът осигурява и за които се полага грижа и се пазят. Към цената на стаята има включен интернет. В стаята е предвиден кухненски бокс, снабден с фурна, хладилник, микровълнова и кот-

лон. В сградата са предвидени помещения за съхранение на велосипеди, както и общи помещения за събиране. [3]

1.2 Най-често срещаните изисквания на студентите към бъдещото им жилище

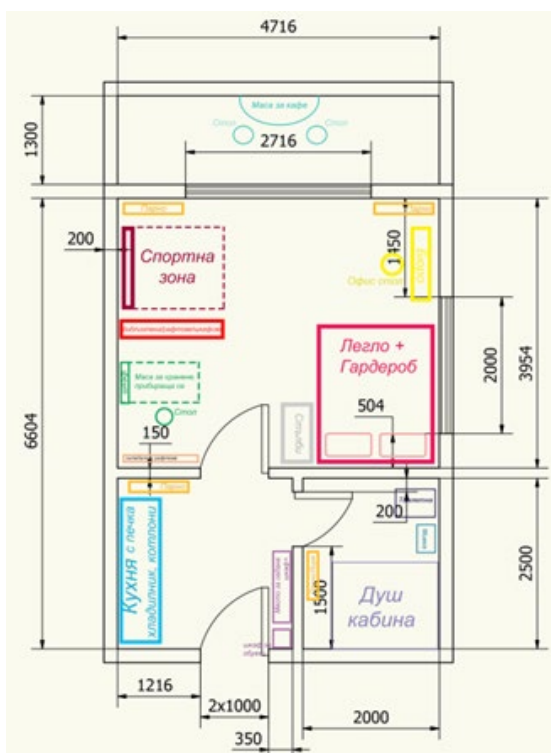
- да се намира на място, която е близо до учебната сграда, магазини, парк, градски транспорт;
- цените да бъдат адекватни спрямо възможностите на студентите;
- да има възможност за самостоятелно пребиваване;
- да е чисто, спретнато, добре поддържано, проветриво, добре осветено, с възможност за помещение за готвене;
- сметките за консумативи да бъдат поносими спрямо бюджета;
- осигуряването на помещение за пране (или пералня в самото жилище);
- столова за хранене;
- достъп до интернет;
- в жилището да има място за учене/работа. [4]

2. ЕРГОНОМИЧЕН АНАЛИЗ

2.1 Разположение на обектите

Функционалните зони представляват местата, където се случва определено действие. Трябва да се предвиди пространството, необходимо за всяка

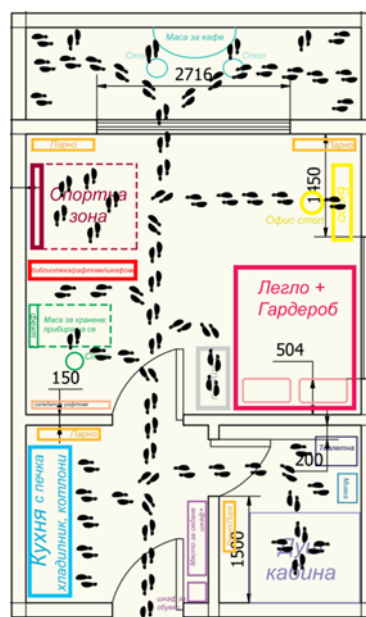
дейност. Обикновено дейностите са: спане и почивка, работа, спорт, готвене.



фиг.1 Разположение на мебелите и стайте, с размери



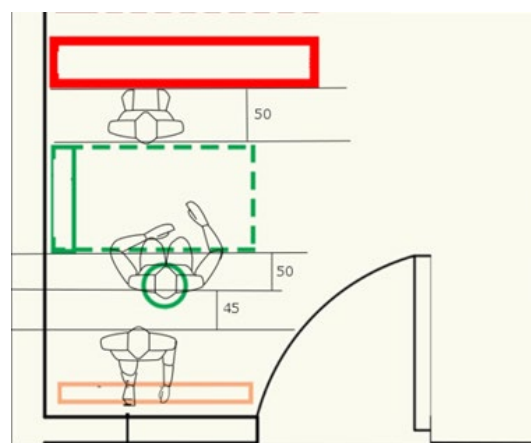
фиг.2 Функционални зони



фиг.3 Траектории на движение

2.2 Функционално-ергономични схеми

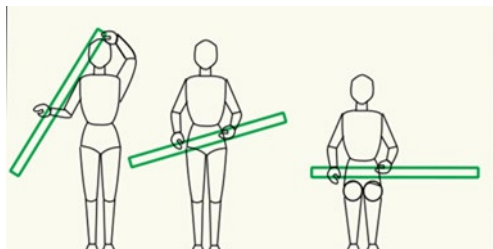
Тези схеми представят човешката фигура от определен перцентил, извършваща въпросното действие. Обикновено се работи с P95 и фигурата на човека се изобразява схематично.



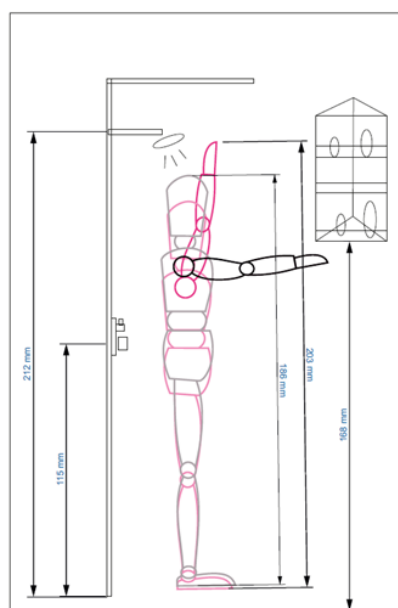
фиг. 4 Използване на сгъваема маса, изглед отгоре, с предвидени разстояния за преминаване около нея, размерите са в см.

Функционалната верига изяснява последователността от действия, които човек извършва във всяка зона. Примерът, който разглеждаме, се отнася за зоната на хранене: Сваляне на подвижния

плот на масата от стената > отиване до кухнята > донасяне на храна > сядане на стол > хранене > отсервиране > забърсване на масата > прибиране на масата



фиг.5 Сгъване и разгъване на масата, изглед отпред

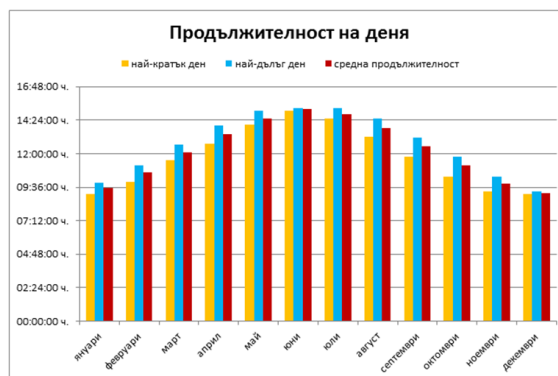


фиг.6 Използване на душа, различни положения на ръката, за P50 мъж и P50 жена

3. ПРОЕКТИРАНЕ НА БАЗА АНАЛИЗ НА КОНТЕКСТА И МИКРОКЛИМАТА

3.1. Анализ на контекста на проектирания обект

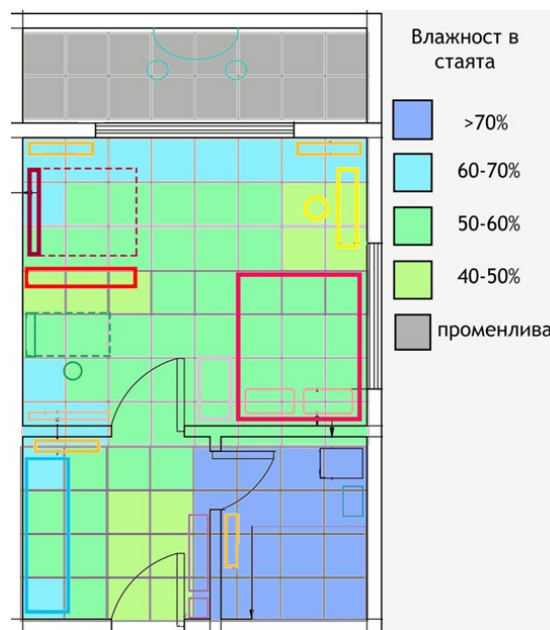
В процеса на проектиране вземе под внимание географското положение, броят слънчеви, облачни и дъждовни дни. Направихме анализ на максималните температури по месеци и на продължителността на деня. Благодарение на тези проучвания определихме нуждата от отопление, необходимото осветление във всяка от стаята.



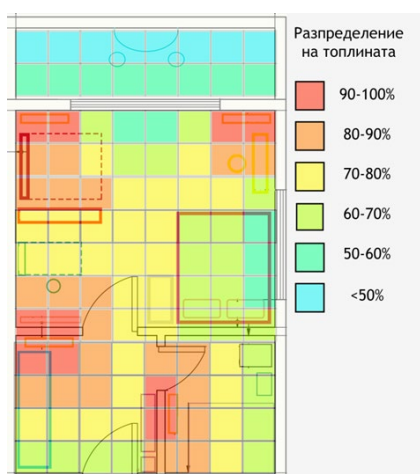
фиг.7 Стълбчеста диаграма на средната, максималната и най-ниската температура по месеци, авторска диаграма, по данни от Института по астрономия към БАН [5]

3.2. Компоненти на микроклимата

Следващите схеми представят изглед отгоре на стаята с всичките ѝ компоненти. Показваме два от най-съществените компоненти – влажност и температура. С това схематично представяне определяме къде са проблемните места, къде има необходимост от допълнителни съоръжения или устройства.



фиг.8 Схема на влажността в стаята



фиг.9 Схема на температурата в стаята

4. СИНТЕЗ – КОМПОЗИРАНЕ НА ИНТЕРИОРНО ПРОСТРАНСТВО

В този проект проучихме различни типове обшежития като се опитахме да извлечем най-ползното от тях. Наблегнахме върху функционалните зони и върху това един човек да може както да работи в обшежитието, така и да извършва други дейности – да спортува, да си готви, да си почива. Обособихме самостоятелен санитарен възел и отделихме кухнята от главната стая, за да не могат да влизат миризми в мястото, където човек спи и работи. Разделихме спортната зона и мястото за хранене чрез библиотека. Използвахме мебели, които спестяват място като например: масата на терасата, масата за хранене и стола към нея да могат да се прибират, гардероба го сложихме под леглото, за да може да имаме място за спортна зона, стълбите към него са и нощно шкафче, на което сме сложили лампа.

Изборът на осветление направихме спрямо зоните и дейностите в тях – четене – нощна лампа, работа – настолна лампа, лампи над мивката и душ кабината в банята, над огледалото, над кухненския кът, над трапезната маса, над спортната зона, над плъзгащата врата и до масата на терасата.

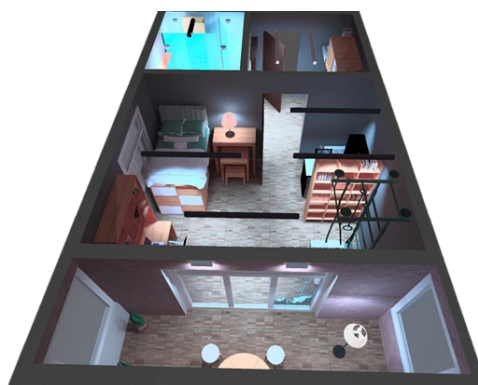
При композирането на интериора разглеждахме различни съществуващи решения на мебелите, които искаме да включим. Един от важните компоненти, които включихме, беше легло със стълбичка, като всяко стъпало е чекмедже, в което обитателят на жилището може да използва. Лег-

лото е поместено върху гардероб, така че да се спести още място.

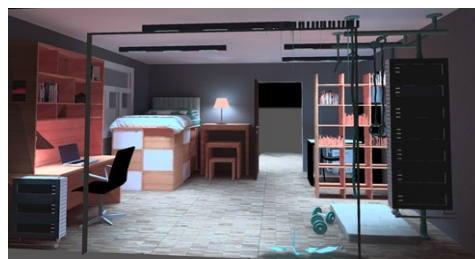
5. КРАЙНО РЕШЕНИЕ

5.1. Визуализации

Визуализациите са разработени с помощта на софтуер DIA Lux Evo.



фиг.10 Визуализация на цялата стая, изглед отгоре



фиг.11 Визуализация на основната стая, изглед отпред, обхваща спортен кът, работен кът, спалня, библиотека



фиг.12 Визуализация на кухненска част, антре, входна врата



фиг.13 Визуализация на банята

5.2.Изводи

Общежитието, което предлагаме, е проектирано след дълго и обстойно проучване на особеностите на микроклимата, потребителските мнения и нагласи, анализ на съществуващи интериорни решения, обсъждане и разискване на множество идеи. Крайният резултат е напълно подходящ за спокойния и здравословен живот на студент, обучаващ се дистанционно, който има в стаята си всичко

необходимо за работа, почивка, спорт, хранене и забавление.

Благодарности

Искаме да изкажем своята благодарност на гл. ас. д-р София Ангелова и на гл. ас. д-р Светла Василева, с чиято помощ разработихме настоящия труд.

Литература

1. <https://tu-sofia.bg/university/78> Сайт на ТУ – София, Посетен на 14.03.2021г.
2. <https://www.study-in-germany.de/blog/thats-germany/student-dormitories-in-germany/> Блог на Мария Фомина „Студентски общежития в Германия“, Посетен на 16.03.2021г.
3. <https://wearehomesforstudents.com/student-accommodation/oxford/slade-park/studio> Студио Homes for students, Посетен на 20.04.2021г.
4. <https://www.semeinifinansii.bg/%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8-%D1%84%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%B8/student-s-naem-kak-trs-eneto-na-zhilishche-da-zavrshi-s-uspeh> Проучване за нагласи на сред студенти 1-ви курс, проведено от създателите на сайта „Семейни финанси“ Посетен на 24.04.2021г.
5. http://nao-rozhen.org/astrocalendar/2014/sun_and_moon.html Института по астрономия към БАН, Посетен на 1.05.2021г.

ERGONOMIC PLACE FOR LIVING AND ONLINE EDUCATION

Vasilena PETKANSKA Ivanka LUKANOVA Steven MANAHOV

Design engineering department, Technical University-Sofia, Bulgaria;
e-mail: vpetkanska@tu-sofia.bg, ilukanova@tu-sofia.bg, smanahov@tu-sofia.bg

Abstract: The student's room we are working on is focused on one person living in a student's hospice. With the standard form of education, the student uses their room rarely – they go to lectures and practices, they do sports and they eat outside. The main usage of the room is for sleeping and studying. In this case, the roommates can be two, and each of them will have their own personal space and time. When we talk about online education forces the said student to stay in their room most of the time. Sports centers and restaurants don't work, so space is provided for sport, cooking, and eating. Many students prefer to study online from home, so a vast part of hospices rooms become empty. From this point of view, a room for one is not only a possibility but a necessity.

Keywords: ergonomics, interior, design, online education, students room