

ИЗВЕСТИЯ

на Съюза на учените – Варна

Серия “ТЕХНИЧЕСКИ НАУКИ” - 1’2016



UNION
OF SCIENTISTS
VARNA

ИЗВЕСТИЯ

на Съюза на учените – Варна

СЪДЪРЖАНИЕ

МЕТАЛООБРАБОТКА, ТОПЛОТЕХНИКА, МОРСКА ТЕХНИКА, ТРАНСПОРТ

Стр.

Александрина Банкова, Гинка Жечева

Приложение на cad системи в учебния процес по дисциплината техническо чертане и инженерна графика.....3

Александрина Банкова

Алгоритъм за построяване линията на пресичане на ротационни повърхнини с успоредни оси в общо положение.....6

Здравко Свиленов, Николай Ников

Анализ на резултатите от експериментално- статистическо изследване на модел на логистична система за доставка на насипни товари с автомобили.....11

Елисавета Иванова, Христо Христов

Относно влиянието на ъгловото отклонение върху загубата на устойчивост на еластичен съединител Сегке.....24

Исмаил Мехмедов

Снемане на статичната характеристика на виброизолатор модел: 24D177 „Дженерал Мотърс”.....39

Диян М. Димитров, Диана П. Петрова

Изследване на еластичните свойства на месингова сплав (C27450), използвана за изработка на юбилейни медали....43

Иван Иванов, Мария Арнаудова, Тодор Николов, Димитър Киров, Станимир Гуджев

Изследване на дефектите на детайли, изработени от стомана X40Cr13 след термично обработване.....47

Гергана Русева

Конструиране на галванична вана.....56

Пламен СтояновStudy receipt of cast composites with main matrix cu and al and strengthening phase carburized iron powder and Al_2O_359**Георги Георгиев**

Влияние на структурата върху разпространението на пукнатини в зоната близка до прага на разпространение...65

Радостина Янкова

Изследвания на абразивно износване на наварени слоеве при подмяна на контралялото.....73

Пламен Петров

Структура и свойства на газотермични покрития от eutalloy gw 12112 при газопламъчно напластяване с горивна смес от пропан-бутан и кислород.....98

Красимира Колева, Радко Михайлов, Божидар Атанасов

Проектиране на копираща манипулационна система за терапевтичната стоматология.....

ЕЛЕКТРОНИКА, АВТОМАТИКА, ЕНЕРГЕТИКА, ЕКОЛОГИЯ

Стр.

Георги Червенков

Енергетични параметри на планарни еквилистантни синфазни антенни решетки от микролентови къси антени с обратно излъчване с диелектрично запълнен резонаторен обем.....16

Георги Червенков

Изследване на взаимното влияние между излъчвателите в синфазни антенни решетки от микролентови къси антени с обратно излъчване с диелектрично запълнен резонаторен обем.....20

Любомир Камбуров

Съставни френелови антени.....28

Любомир Камбуров

Дифракционни антени.....32

Радко Михайлов

Прецизното земеделие – област на развитие в изследователската дейност на ДТК гр. Добрич.....36

Велика Янева, Анна Симеонова, Даниела Тонева, Жечка Владимирова, Радостина Христова

Проучване на морските отпадъци по бреговата ивица на нов канал „Варненско езеро - Черно море“.....50

Стоян Славов, Кирил Киров

Моделиране на характеристиките на регулярни релефи с използване на методите за бързо прототипиране76

Стоян Славов, Пенчо Димитров

Анализ на подходите за изчисляване на производствената себестойност на машиностроителна продукция в индустриални предприятия84

Tsvetanka Kovacheva

Using the fractal mathematics to solve practical technical problems.....90

Божидар Дяков, Янчо Бакалов

Усъвършенстване на учебната дейност за формиране на специфични професионално значими качества на студентите от специалност КВ - мотивация, тренинги, реализация.....102

Паолина Политова

Интегриране на управлението на риска и подобряването на качеството при разработване на проекти в МСП.....107

РЕДАКЦИОНЕН СЪВЕТ

проф. д.н. Боян Медникаров
проф. д-р Росен Василев
доц. д-р Иван Иванов
гл.ас. д-р Любомир Камбуров
гл.ас. д-р Желязко Николов

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ НА БРОЯ

проф. д.т.н. Руси Русев
доц. д-р Иван Иванов
гл.ас. д-р Любомир Камбуров
гл.ас. д-р Желязко Николов
ас. д-р Йордан Бояджиев

СЪЮЗ НА УЧЕНИТЕ – ВАРНА

Пощенски адрес: гр.Варна 9000,
ул. "Васил Друмев" № 73
Съюз на учените -Варна
тел:052/55-22-77

Авторите носят отговорност за своите материали .
Текстовете, които се представят в редакцията,
следва да са във форма на MS Word и
придружени с разпечатка. Снимков материал се
представя и с негативи. Ръкописи не се връщат.

Предпечатна подготовка

Съюз на учените - Варна
Координатор на СУ-Варна:
гл.ас. д-р Желязко Николов
e-mail: zhelyazko_nikolov@abv.bg

Настоящото издание е
посветено на
**Науката в служба на
обществото**
и се осъществява по
проект, в рамките на
присъщата на
**Технически
Университет - Варна**
научноизследователска
дейност, финансирана
целено от държавния
бюджет.

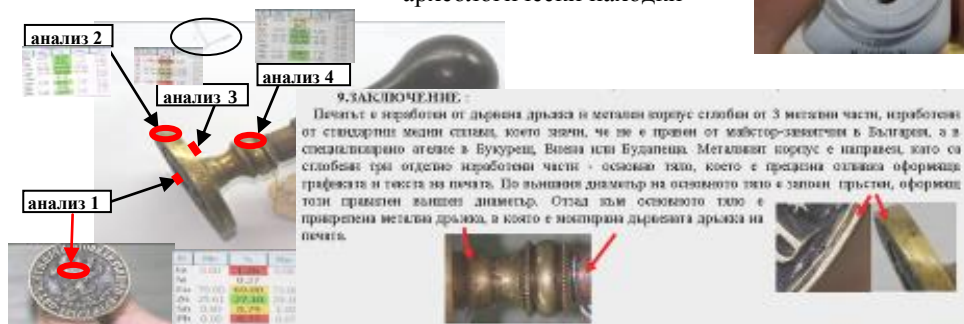
**обновена лаборатория на
ТУ-ВАРНА по рентгенов
спектрален анализ**

ДЕЙНОСТ

Изследване, изпитване и
сертифициране на структурата,
състава, механичните и физико-
химичните свойства на
инженерни метални и неметални
материали; Безразрушително
изследване на метални
археологически находки

**СЕРИЯ
"ТЕХНИЧЕСКИ НАУКИ"**

1'2016

**КОНТАКТИ**

ВАРНА-9010, ул.Студентска-1,ТУ-Варна Тел.: 052/383 631, 052/383 586
Факс: 052/302 773 E-mail: rusi.rusev@tu-varna.acad.bg

ПРИЛОЖЕНИЕ НА ТРИМЕРНОТО МОДЕЛИРАНЕ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ НА ИЗДЕЛИЕ В CAD СРЕДА

Александрина Банкова, Гинка Жечева

Abstract: *In this article we present the application of computer aided design in this course "Applied geometry and engineering graphics." The work offers an approach to three-dimensional modeling and accelerated documenting the design of the product (detail) in the CAD environment to attain the model of a device that allows adjustment and modification same time he and achieve a unified documentation.*

Key words: *documentation, product design, approach, CAD environment*

1. Въведение

Дисциплината приложна геометрия и инженерна графика изучава методите за изобразяване на пространствени обекти върху една равнина, разглежда пространствени задачи за взаимно положение на тези обекти и основните правила за изпълнение и оформяне на машиностроителни чертежи [1]. Успоредно с традиционните методи на обучение които са предвидени в лабораторните упражнения, могат да бъдат разгледани основните възможности на системата за автоматизирано проектиране SolidWorks за създаване на 3D модели, базирани върху равнинни скици, сглобени еденици и чертежи в упражненията предвидени за курсова работа [2,3].

С усвояването на материала се цели да се развие умение у студентите по дадени минимален, но достатъчен брой ортогонални изображения на детайл да възстановят неговата форма, както и да придобият знания, навици и умения необходими при разработването на различни видове конструкторски документи, които оформят техническата документация и използване на CAD система за тази цел. Студентите се запознават с новите хармонизирани български държавни стандарти с ISO, които третира правилата при оформяне на чертежи.

2. Внедряване на CAD системите в учебния процес

Внедряването на CAD системите в учебния процес по дисциплината „Приложна геометрия и инженерна графика е породено

от тенденцията им за навлизане в инженерното проектиране и необходимостта от систематизиран подход на работа с виртуален модел на инженерно изделие, типизиране на инженерните обекти по отношение на геометрията, тяхното техническо документиране и систематизиране на база данни за инженерни обекти и техните съставни части.

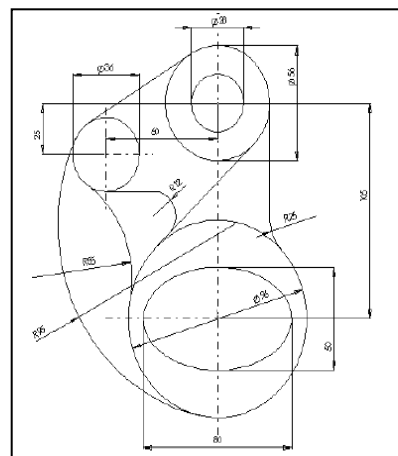
Навлизането на компютърната техника в областта на конструирането на изделия и развитието на програмните системи налага нови аспекти в процеса на конструиране с оглед постигане на търсеното решение.

Изискванията, налагани от фирмите потребители на инженерни кадри са свързани преди всичко с умения за създаване на 2D и разработване на 3D модели още в етапа на тяхното проектиране. Това налага използването на приложни програмни продукти, предлагащи тримерно моделиране каквито са CAD системите в частност SolidWorks.

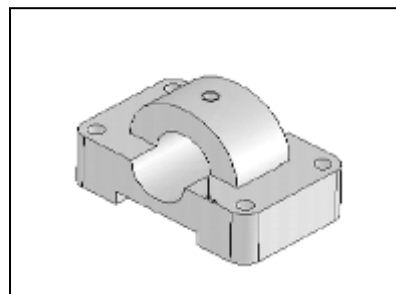
3. Тримерно моделиране при проектиране на изделие в CAD среда

Дисциплината приложна геометрия и инженерна графика за машиностроителните специалности е разделена на две части. Първата част обхваща видовете проектиране и основните методи на изобразяване на геометрични обекти [1]. Като по време на лабораторните упражнения се решават задачи свързани с изобразяване на геометрични обекти и тела, така също се изобразяват и

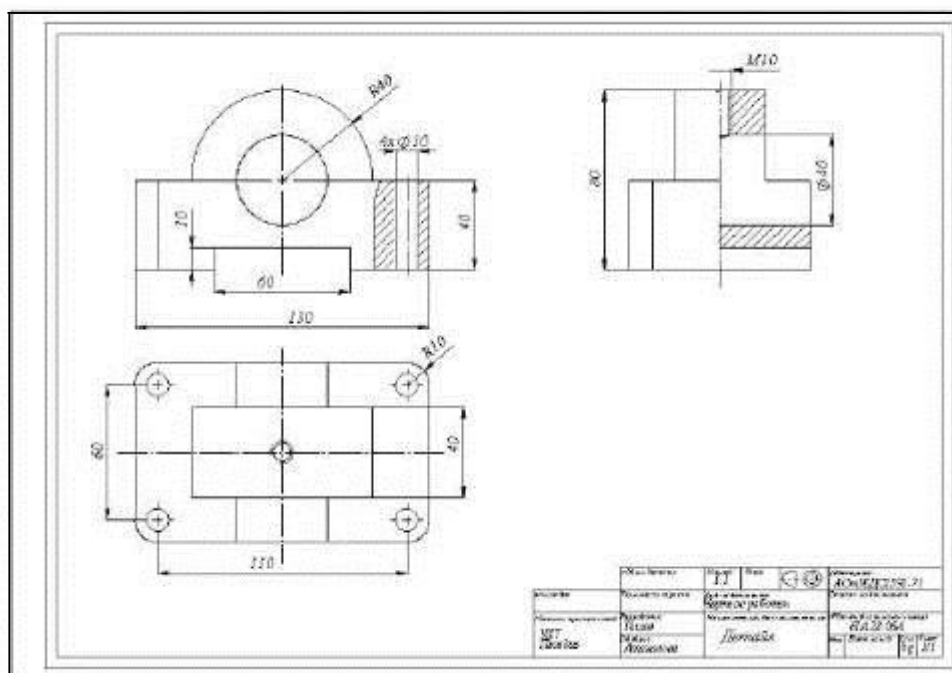
сеченията на повърхнини, взаимно пресичане на многостени и ротационни тела и техните разгъвки. В зависимост от учебната програма курсовата работа е предвидена през седмица т.е. седем упражнения за усвояване на системата за автоматизирано проектиране SolidWorks. В първите две (2) упражнения са предвидени начини и инструменти за създаване на равнинни скици (фиг.1.). На фиг. 1 е показано сравнение на начините за построяване на плавни преходи посредством чертожните инструменти на програмата. В упражнение 3 и 4 е предвидено разработване на тримерни модели на детайли с различна сложност (прост и средно - сложен). На фиг. 2 детайла е зададен чрез аксонометричното си изображение на който посредством чертожните инструменти на системата се построяват трите проекции с подходящи разрези. Изпълнението на тази задача е илюстрирано на фиг.3. На фиг.4. са зададени двете ортогонални проекции на детайла като по време на упражнението трябва да се разработи тримерния модел даден на фиг.5.



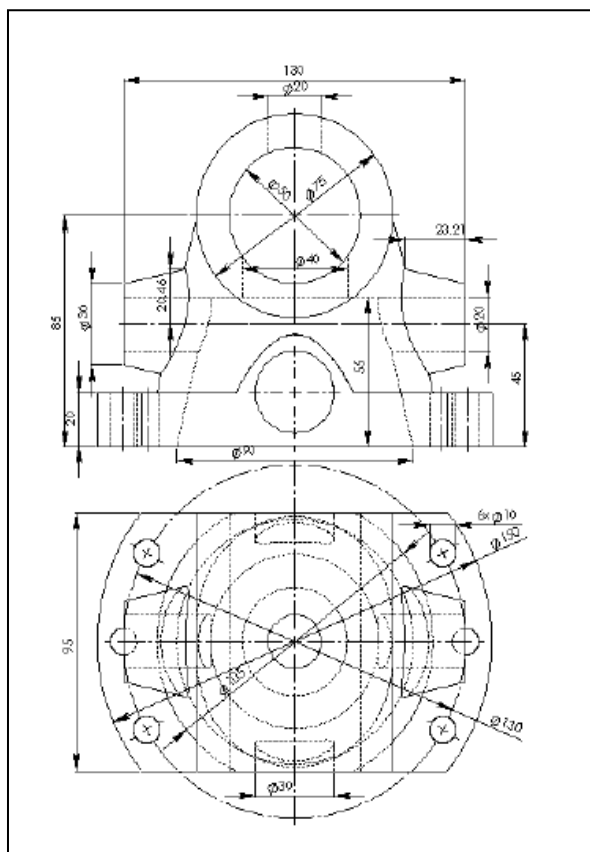
Фиг. 1. Равнинна фигура, изпълнена с инструменти на програмата



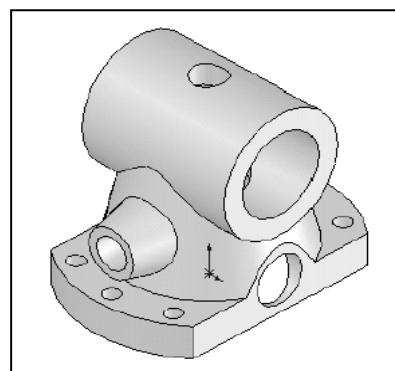
Фиг. 2. Тримерен модел на детайл зададен с аксонометричното си изображение със SolidWorks [6]



Фиг.3. Разработване на чертеж на детайл по зададен тримерен модел [6]

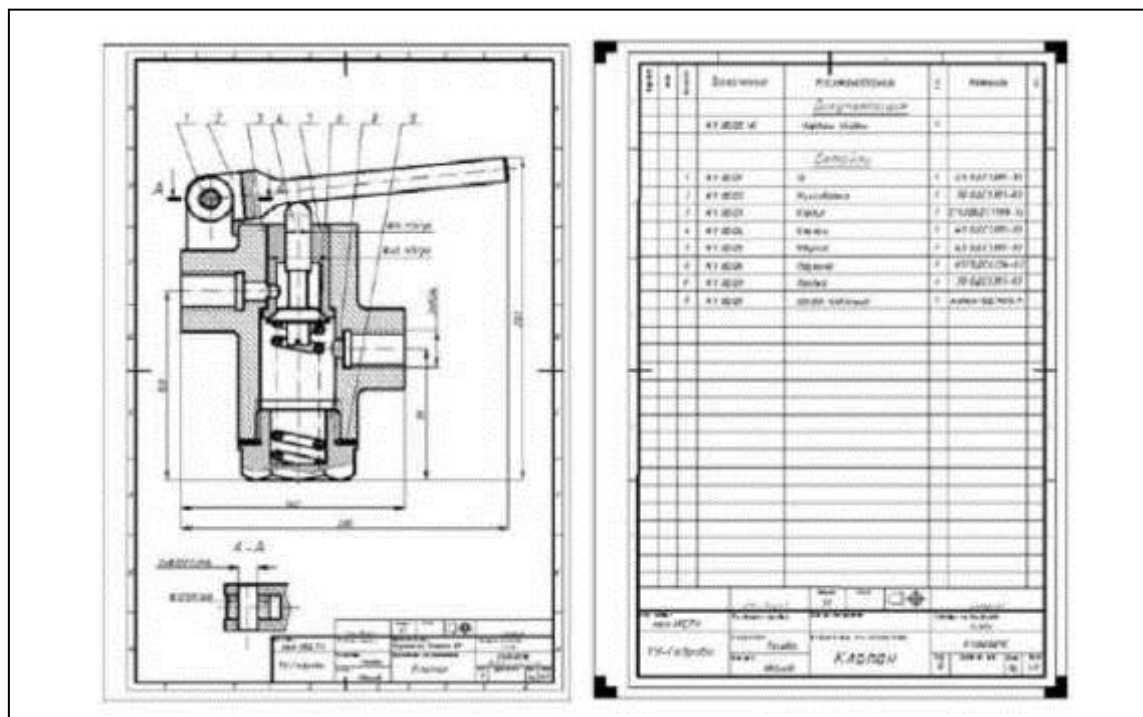


Фиг. 4. Задаени двете ортогонални проекции на детайла



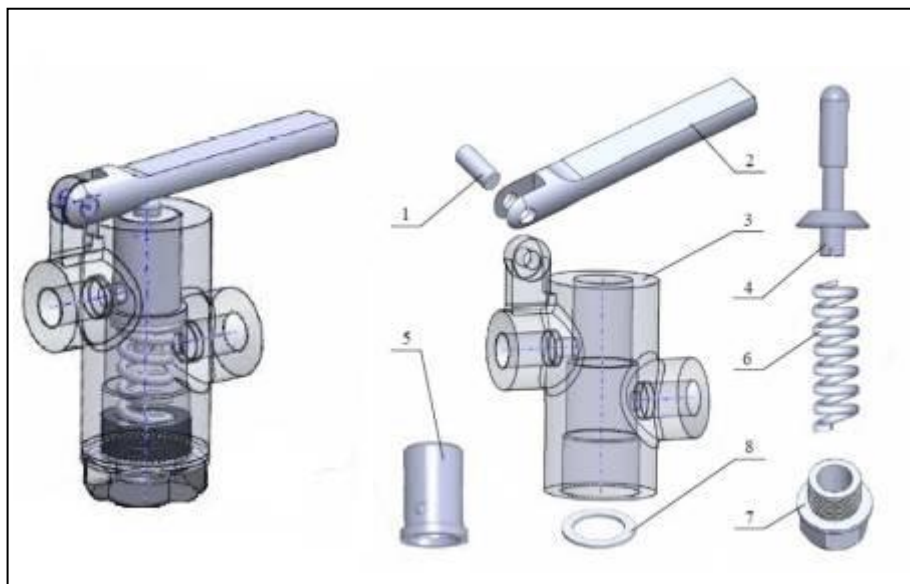
Фиг. 5. Разработване на тримерния модел на детайла по задени две проекции

Във II част на дисциплината се изучават начините и средствата за разработване и оформяне на конструкторска документация [4, 5] при спазване на стандартите по БДС и ISO. В упражнение 5, 6 и 7 е предвидено разработване на сборен чертеж със спецификация на слобена единица посредством системата SolidWorks. Успоредно с това се разработват моделите и работните чертежи на всички детайли от примерната сглобена единица на направлящ блок, след което детайлите се сглобяват (фиг.6) и се изпълнява сборения чертеж на направляващия блок (фиг.7).

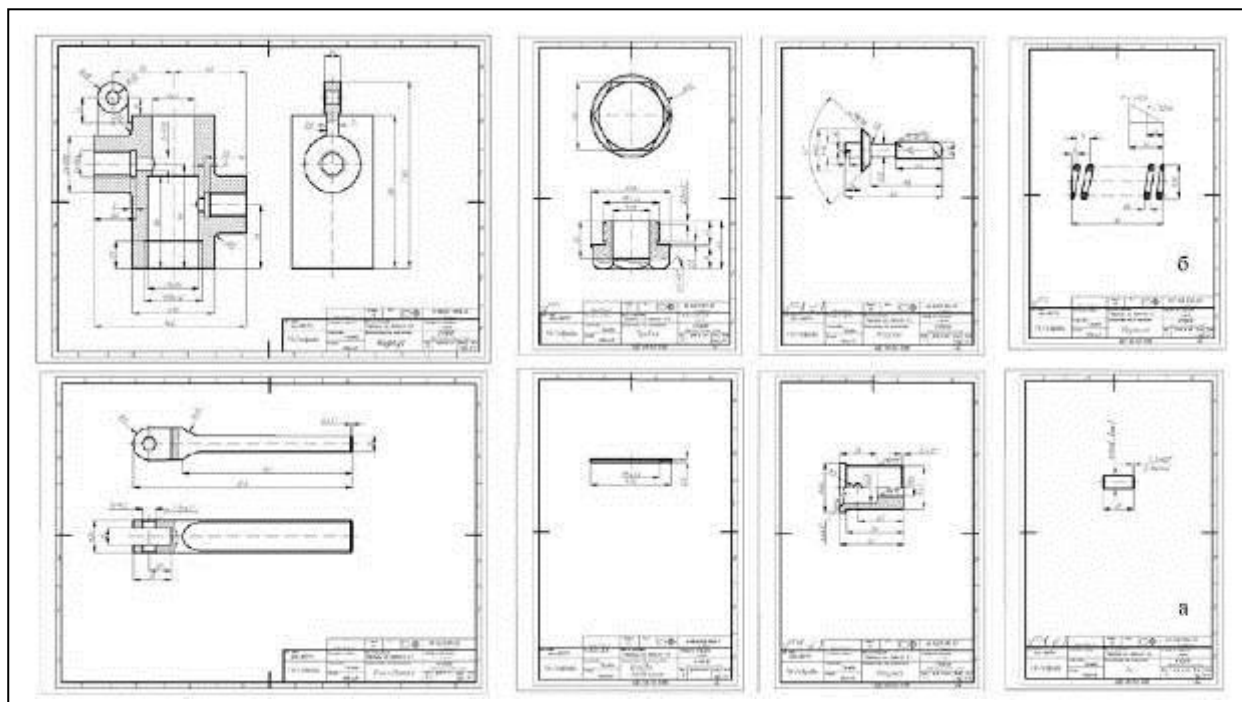


Фиг. 6. Сборен чертеж, списък на съставните части на детайл „Клапан”

Всеки студент разработва със системата SolidWorks скици, модели и чертежи на детайлите по свой индивидуален вариант зададен от преподавателя.



Фиг. 6. Модел на сглобена единица на детайл „Клапан” в сглобен и разглобен вид



Фиг. 7. Чертежи на отделните съставни части на детайл „Клапан”

3. Изводи и заключение

Представения подход на допълване на традиционните методи на преподаване по дисциплината „Приложна геометрия и инженерна графика” с внедряване на система за автоматизирано проектиране SolidWorks допринася за развитието на пространствено мислене и по - добро усвояване на преподавания материал чрез визуализацията на проектираните детайли и изделия. Чрез внедряването на CAD системите в учебния процес се постига усвояване на най – новите тенденции в автоматизираното проектиране.

Литература:

- [1]. Сандалски Б., Основи на конструирането и CAD. София, 2007
- [2]. Атанасова Сн. Методическо ръководство за упражнения по Приложна геометрия и инженерна графика със SolidWorks. Академично издателство Пловдив 2007.
- [3]. Григоров Б. Проектиране на дизайн със SolidWorks. София 2003.

[4]. Френгов В. и др. Техническо чертане. Методическо ръководство с примери и задачи. Пловдив.1984.

[5]. Френгов В. Инженерна графика. Ръководство за упражнения със задания за курсови задачи, методични указания и примерни изпълнения. Пловдив 2002.

[6]. Bankova A., Zhechva G., Implementation of an automated documented in teaching technical documentation, //International Journal - Machines, Technologies, materials MTM YEAR IX, ISSUE 2 / 2015 - Sofiq / ISSN 1313-0226, pages 34- 36

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1
Технически университет - Варна

гл.ас. д-р инж. Александрина Банкова,
е-mail: ina_janakiewa@abv.bg

АЛГОРИТЪМ ЗА ПОСТРОЯВАНЕ ЛИНИЯТА НА ПРЕСИЧАНЕ НА РОТАЦИОННИ ПОВЪРХНИНИ С УСПОРЕДНИ ОСИ В ОБЩО ПОЛОЖЕНИЕ

Александрина Банкова

Abstract: This work is aimed at finding the intersection of rotary surfaces with parallel axes in a common position. To meet the target exemplified solution to the task on each crossing surfaces. Found line of intersection of two straight circular cone with parallel axes randomly oriented as a combined method of the additional projection plane and the method of auxiliary planes.

Key words: circular cone line of intersection, projection planes, rotary surfaces, auxiliary planes

1. Въведение

Неразделна част от обучението на студентите от машиностроителни специалности, а така също и специалността „Инженерен дизайн” е усвояването на чертожни техники и алгоритми по дисциплината „Дескриптивна геометрия и инженерна графика”, спомагащи за развиване на пространствено мислене.

Темата за построяване на взаимно пресичане на ротационни повърхнини е застъпена в учебната програма. За построяване на кривата на пресичане се прилагат съответно:

- метод на спомагателните равнини, ицидентни на т.н. върхова права – при праволинейни образувателни на повърхнините;
- метод на спомагателни равнини, успоредни на основите – при ротационни повърхнини с успоредни оси;
- метод на концентричните сфери – при ротационни повърхнини с пресичащи се оси;
- метод на ексцентричните сфери – при ротационни повърхнини с непресичащи се оси – въвеждат се подходящо концентрични сфери, пресичащи в окръжност повърхнините. Центровете на сферите не съвпадат [1,2,3].

Обикновено решаваните задачи се разглеждат за удобство в частните случаи – повърхнините са с проектиращи към основните проекционни равнини оси. Настоящата работа предлага решение на общия случай – успоредни оси в общо положение, като за целта се съчетават метода

на допълнителните проекционни равнини с метода на спомагателните равнини.

2. Алгоритъм за намиране линията на пресичане на ротационни повърхнини с успоредни оси

Алгоритъмът е илюстриран с проследяване на построенията на кривата на пресичане на два прави кръгови конуса с успоредни произволно ориентирани оси. (фиг.1).



Фиг.1 Пресичащи се конусни повърхнини

Етапите за построения са следните:

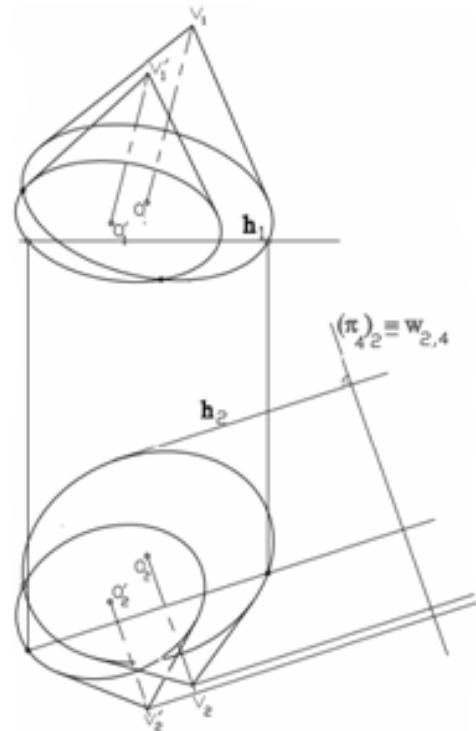
1. Въвеждат се допълнителни проекционни равнини:

- π_4 – перпендикулярна на хоризонталната проекционна равнина π_2 и едновременно с това на хоризонталната права h от равнината на основите, следователно – перпендикулярна на последната. Проекцията $(\pi_4)_2 \equiv w_{2,4}$ (оста на завъртане на π_4 до π_2) по познатия начин се построява перпендикулярна на хоризонталната проекция на хоризонталната права h_2 ; (фиг. 2).

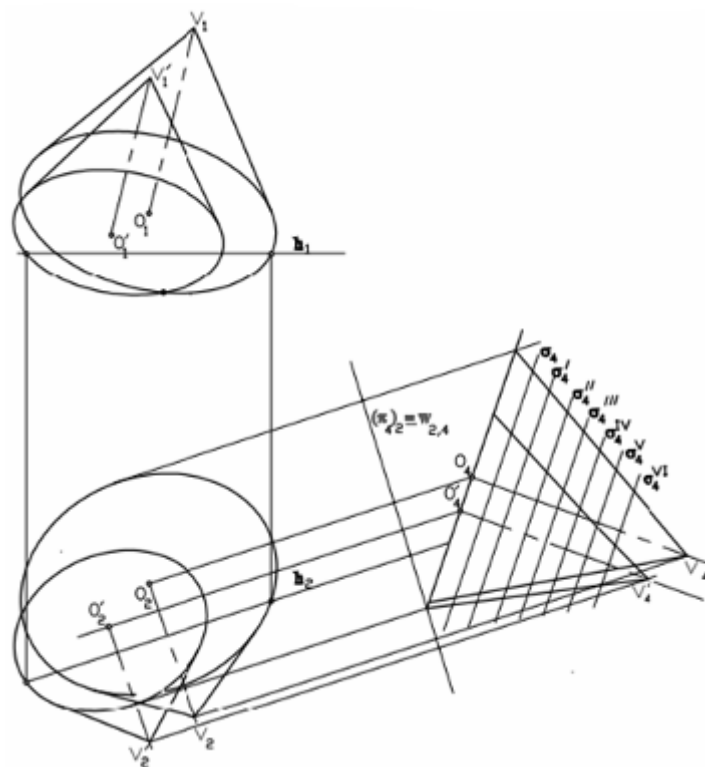
- π_5 – допълнителна проекционна равнина, минаваща през основите на конусите. Проекцията ѝ в π_4 е означена $(\pi_5)_4 \equiv w_{4,5}$; $w_{4,5}$ е оста, около която се завърта π_5 до π_4 ;

- π_6 – допълнителна проекционна равнина, перпендикулярна на π_5 и инцидентна на осите на конусите. Въвеждането ѝ е необходимо за определяне на най-високата точка от кривата на пресичане. Проекцията ѝ в π_5 е означена с $(\pi_6)_5 \equiv w_{5,6}$, където $w_{5,6}$ е оста, около която се завърта π_6 до π_5 . Построяване на допълнителни проекции на характерни точки от първообразите се извършва по известните

правила и с използването на съответните разстояния.



Фиг.2 Въвеждане на допълнителна проекционна равнина π_4



Фиг.3 Построяване на четвъртата проекция на конусните повърхнини и въвеждане на спомагателни равнини σ_i

2. Прилагане на методи на спомогателни успоредни на основите на конусите равнини:

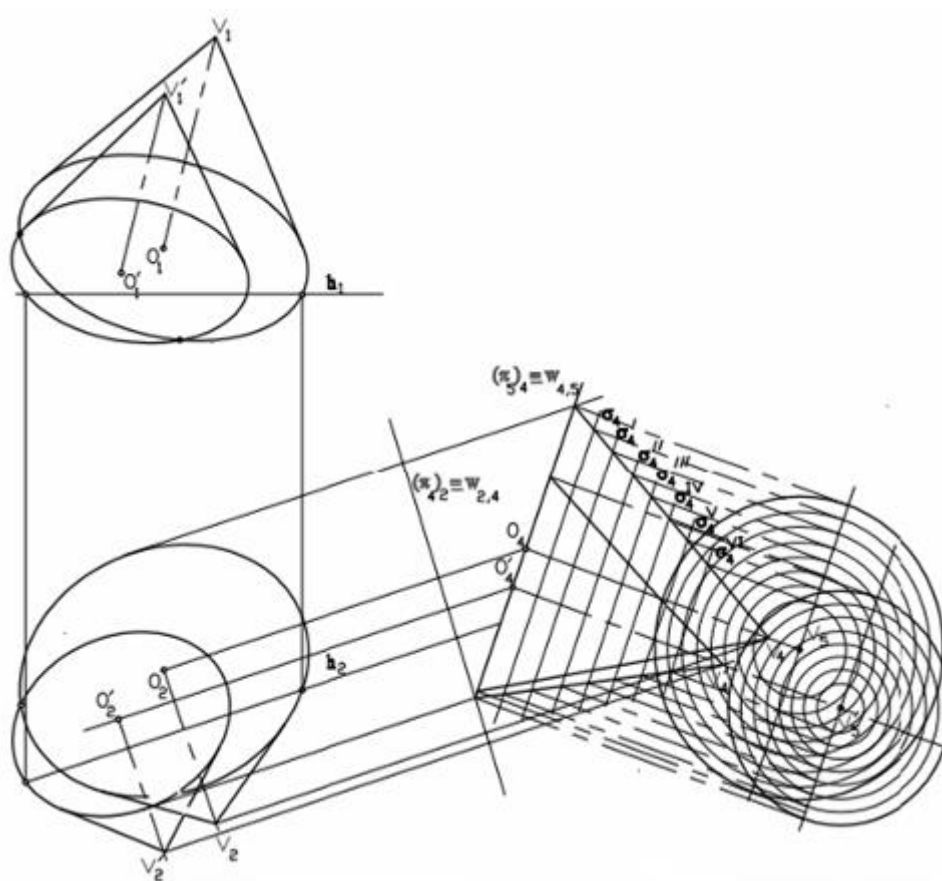
2.1. При така избраната ориентация на π_4 равнината на основа на конусите се проектира в права, а четвъртата проекция на конусните повърхнини – позволява въвеждането на спомогателните, успоредни на основите на конусите равнини σ_i (фиг.3).

2.2. В явен вид сеченията на всяка от спомогателните равнини с конусните повърхнини се построяват след завъртането на π_5 до π_4 ОКОЛО $w_{4,5}$.

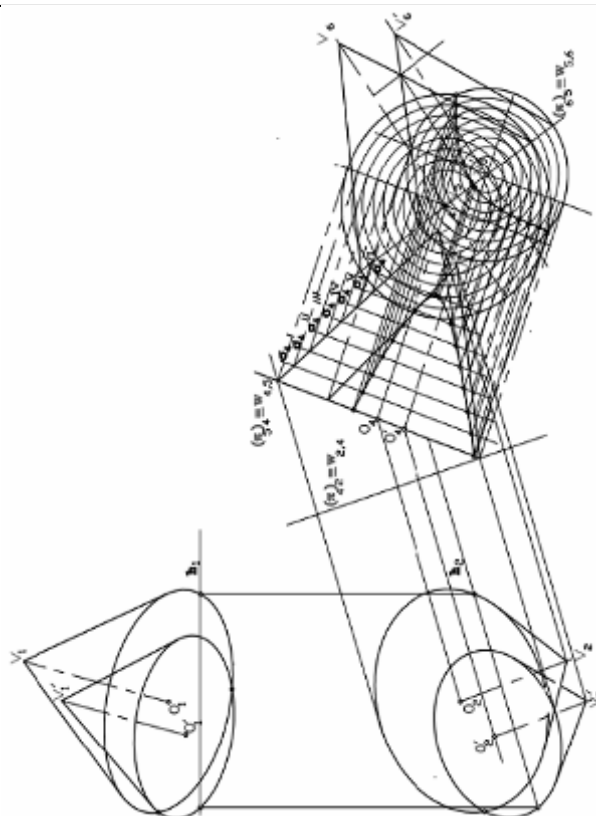
Общите точки на двойките сечения (съответните окръжности) са търсените точки от кривата на пресичане (фиг. 4).

2.3. Необходимо за определяне на най-високата точка от тази крива е завъртането на π_6 до π_5 около ос $w_{5,6}$. Въпросната точка се явява пресечена на двете контурни образователни на конусите. Построяват се проекциите на точките от кривата на пресичане в π_4 (фиг. 5).

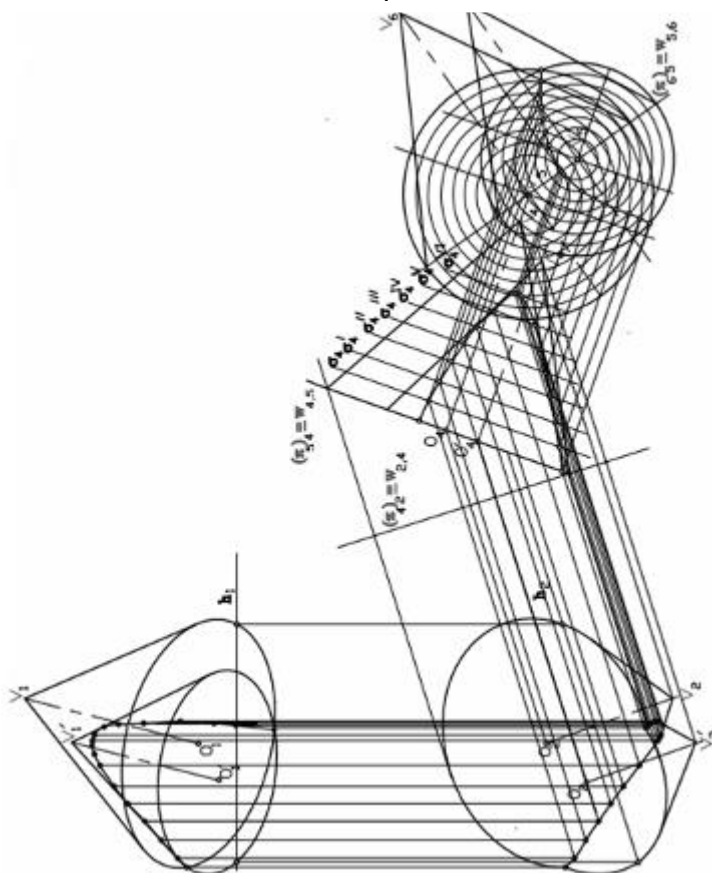
3. Връщане точките от кривата на пресичане до основните проекции (фиг. 6).



Фиг.4 Въвеждане на допълнителна проекционна равнина π_5



Фиг.5 Въвеждане на допълнителна проекционна равнина π_6 и построяване на кривата на пресичане в π_5



Фиг.6 Построяване на основните проекции на кривата на пресичане

3. Изводи и заключение

Съчетаването на метода на допълнителните проекционни равнини с метода на спомагателните равнини и описания алгоритъм са приложими при построяването на кривите на пресичане и при съчетанията конус – цилиндър, сфера – конус, сфера – цилиндър.

Литература:

- [1]. Стоев А., Златанова Е., Горанов П. Инженерна графика – учебник, София. Софтрейд.2008.
- [2]. Кочев Л., Петкова Р., Илчева Б. Инженерна графика. Ръководство за упражнения и курсови работи. Софтрейд 2010.
- [3]. Златанова Е., Ст. Иванов, Н. Цървенков,

Приложна геометрия и инженерна графика – част I, София, Паралакс, 1998.

[4]. Кирилов А. Ф., Черчение с рисование. Москва. “Высшая школа”. 1984.

[5]. Крылов Н., Г. Икономова, В. Николаев, Н. Лаврухина, Начертательна геометрия. Москва. “Высшая школа”. 1984.

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1
Технически университет - Варна

Гл.ас. д-р инж. Александрина Банкова,
e-mail: ina_janakiewa@abv.bg

АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО- СТАТИСТИЧЕСКО ИЗСЛЕДВАНЕ НА МОДЕЛ НА ЛОГИСТИЧНА СИСТЕМА ЗА ДОСТАВКА НА НАСИПНИ НА ТОВАРИ С АВТОМОБИЛИ

ANALYSIS OF THE RESULTS OF EXPERIMENTAL AND SURVEY A MODEL OF LOGISTICS SYSTEM FOR DELIVERY OF BULK CARGO VEHICLES

Здравко Свиленов, Николай Ников

Abstract: The study is focused on the delivery of grain cargoes car ports in Varna. Reviewed three ports are within the bounds of the city and they directly affect pollution and road traffic in the city of Varna and in particular in the area of „Asparuhov bridge“. The aim of the study is to identify the technological capabilities of the model of logistics system for delivery of grain trucking ports located in Varna, using methods of planning the experiment and mathematical statistics to optimize the regime parameters experimentally and securing keeping quality and increasing the productivity of the process.

Key words: automobile traffic, bulk cargo, system, logistics system.

1. Въведение: Обект на изследването е част от логистичната система за доставка на зърнени насипни товари за пристанищата в района на град Варна схема №1. Наблюдават се параметрите описващи автомобилният товаропоток насочен за пристанищата попадащи в чертите на град Варна.

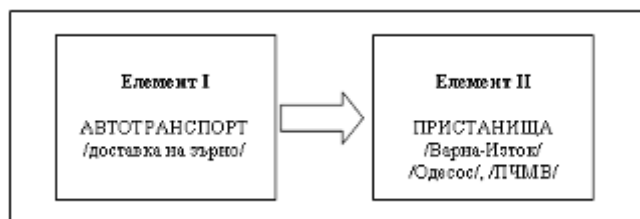


Схема №1 Модел на логистична система-текущо състояние

Предложената нова логистичната система е разделена на участъци (Схема №2), това разделение позволява да се отдели участък от логистичната система в който може да се направи изследването и да се покажат положителните страни от предложената нова логистична система. Получените данни от проведеното изследване са за участък от обособена нова логистична система разположен между 8- входни точки на град Варна и 15- корабни места (к.м.), подходящи и за товарене на зърнени насипни товари в изследваните пристанища „Варна- Изток“, „Одесос“, „ПЧМВ- Варна“.

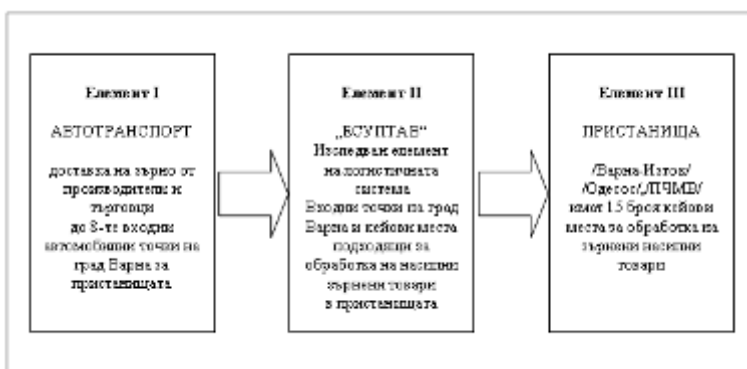


Схема №2 Модел на транспортната система-ново състояние

Изследваният участък е обособен и разработен като „Единна система за управление на потока от товарни автомобили“- ЕСУПТАВ. Параметърът влияещ най-силно на „Елемент II“ от новата логистичната система е сумарното време за доставка на товар за един кораб (СВДТЕК) $\Sigma_{тк}$ (измерено в минути). За нуждите на изследването пристанищата се описват точно след определяне на техните основни общи фактори определящи и характеризиращи обекта на изследването. Изследвани са три основни фактора описващи входящия товаропоток за всяко пристанище; сумарно време за изчакване в системата $\Sigma_{изч}$ в min; сумарно време за придвижване в системата $\Sigma_{пр}$ в min; количество доставен товар с един камион $Q_{авт}$ измерено в тон.

Пристанищата попадащи в проведеното изследване са:

Пристанище „Варна Изток”- от 3 к.м. до 12 к.м. включително- 10 броя корабни места подходящи за обработка на насипни зърнени товари.

Пристанище „ПЧМВ”- 2 к.м подходящи за обработка на насипни зърнени товари.

Пристанище „Одесос”- 3 к.м. подходящи за обработка на насипни зърнени товари.

От теоретична гледна точка пресметнато за трите пристанища едновременно може да се обработват общо до 15 товарни кораба.

Ситуация с реално заети 15 корабни места с кораби за товарене на зърно на трите пристанища едновременно не се е състояла до момента и няма практическа възможност.

При провеждане на изследването се допуска, че: ситуация при която всички 15 корабни места в изследваните пристанища заети с кораби за товарене със зърнени насипни товари няма да се случи.

Цел на експерименталното изследване. Получаване на резултати при прилагане на новата логистична система и установяване на технологичните възможности на модела на логистичната система за доставка на зърно с автотранспорт за пристанищата разположени в град Варна. Чрез използване на методите на планиране на експеримента и математическата статистика намираме параметрите по експериментален път, запазваме качеството и повишаваме производителността на процеса.

Задачи на експерименталното изследване.

Решаването на задачите на изследването е свързано с предварително изучаване на възможностите за изменение на времевата характеристика на процеса и качествените параметри на системата за доставка на товари за пристанищата в зависимост от главните променливи управляващи процеса, вида на товара който се обработва и количеството необходим товар за натоварване на целия кораб.

Анализът на литературните данни показва, че в настоящия момент няма достатъчно данни за построяването на аналитичен модел поради наличието на нелинейни зависимости между компонентите на изследваната система. Това налага използването на

статистико-експериментален подход за разкриване на реалните реакции на изследваната система.

Избор на входни величини (фактори).

Поведението на изследвания обект зависи от много променливи величини. В такъв случаи се отделят най-важните от тях, които могат да се изменят и контролират в хода на експеримента, а останалите се приемат за постоянни или не се контролират.

Най-общите изисквания към изменяемите и контролируеми от експериментатора променливи величини – т.н. фактори са следните:

независимост – всеки от факторите може да бъде установен на предварително зададена стойност, без това да влияе върху стойностите на другите фактори;

съвместимост – всяка комбинация от стойности на избраните за вариране фактори да доведе до реална физическа реакция (отклик) на изследвания обект.

Броят и видът на избраните при изследването фактори зависи от естеството на задачата и възможностите за експериментиране. Обикновено при не автоматизиран експеримент, броят на факторите е между 3 и 10. Трябва също така да се има в предвид, че увеличаването броя на факторите води до още по-голямо увеличаване количеството на опитите, при което съществува опасност от засилване влиянието на неконтролируемите

За входни величини са избрани технологичните параметри на процеса: сумарно време за придвижване в системата $\Sigma_{\text{тпр}}$ в min, сумарно време за изчакване в системата $\Sigma_{\text{изч}}$ в min, количество доставено товар с един камион $Q_{\text{авт}}$ в тон, имащи пряко отношение за определяне на производителността (скоростната характеристика) на процеса. Определянето на диапазона в който ще варират факторите, е свързано с възможност да бъде осигурена независимост и съвместимост между тях. Необходимо е те да се изменят в областта от действителните им стойности в рамките на технологичния режим. За целта се събират предварителни данни за обекта.

Широко разпространение в практиката на този вид изследвания е намерило т.н. факторно пространство, при което за всеки

фактор се задава долна и горна граница на изменение:

$$z_{i,\min} \leq z_i \leq z_{i,\max} \quad (1.1)$$

При планиране на експеримента е удобно да се работи с т.н. нормирани (безразмерни) фактори. Преминаването им в безразмерен вид се извършва по формулата:

$$x_i = \frac{z_i - z_{i,0}}{\Delta z_i}, \quad (1.2)$$

където $z_{i,0}$ – основно ниво (център на интервала за изменение на фактора).

$$z_{i,0} = z_{i,\min} + \frac{z_{i,\max} - z_{i,\min}}{2}. \quad (1.3)$$

Интервалът на вариране Δz_i се определя по формулата

$$\Delta z_i = |z_{i,\max} - z_{i,0}| = |z_{i,0} - z_{i,\min}|. \quad (1.4)$$

Лесно може да се провери, че след кодирането факторите се изменят в границите от (-1) до (+1). В този случай изменението на факторите не е независимо, а се подчинява на определени правила.

След анализ на предварително събрана информация за процеса сумарно време за доставка на товар за един кораб (СВДТЕК) $\Sigma_{тк}$ и провеждане на предварителни експерименти са установени стойностите на факторите и интервалите на варирането им, представени в табл. 1.

Табл. 1. Стойности и интервали на вариране на факторите при доставка на товар за определяне на скоростния параметър.

ФАКТОРИ		Интервали на вариране		
		долно ниво	средно ниво	горно ниво
		-1	0	+1
z_1	Сумарно време за изчакване в системата $P_{тк}$ в мин	40	105	170
z_2	Сумарно време за крижиране в системата $P_{кр}$ в мин	15	32,5	50
z_3	Количество доставен товар с един кораб $Q_{кор}$ в тон	25	35	45

При решаване на оптимизационната задача се налага разширяване на интервала за вариране, стойностите на горното и долното ниво са съобразени с възможност факторното пространство да приемат по-големи стойности.

2. Определяне на изходни величини и техните параметри.

Изходният параметър представлява количествена характеристика на изследвания обект. За разглеждания случай на товарене на кораб със зърно, такава характеристика е сумарно време за доставка на товар за един кораб (СВДТЕК) $\Sigma_{тк}$, влияе пряко върху производителността на процеса.

Основните изисквания към изходният параметър са:

- количествено, еднозначно, ефективно и с достатъчна пълнота да характеризира обекта на изследване;
- да има ясен физически смисъл;
- универсалност.

Планирането се счита за ефективно, когато е избран изходен параметър, който може да се определи с най-голяма точност. В случая тези параметри удовлетворяват напълно тези изисквания, още повече че са елемент на технологичния режим, а това дава възможност да се получат зависимости за връзката между отделните параметри и тяхното аранжиране, а това е целта на експерименталната работа и на настоящата методика.

3. Изследване на връзката между технологичните параметри на процеса, сумарното време за доставка на товар за един кораб (СВДТЕК) $\Sigma_{тк}$ (в минути) и производителността на процеса товаране на кораб.

Една от целите на настоящата работа е изследване на факторите, влияещи на процеса доставка на товар за натоварване на един кораб и създаване на нови методи и средства, обезпечаващи повишаването на качеството и производителността на процеса. В тази част от изследванията си поставяме цел да намерим връзката между технологичните фактори на системата и производителността. За целта в процеса на изследването изменяме три технологични фактора и оценяваме

тяхното влияние върху производителността на процеса.

Експериментите са проведени при определените фактори и техните нива на вариране. Планът на експеримента се състави по предложен от Рехтшафнер модел, съгласно който се изисква факторите да се изменят на три нива (-1; 0; +1). Нивото на изменение на факторите и техния физически смисъл е показан в табл.1. За основно ниво е избран режима на сумарно време за доставка на товар за един кораб (СВДТЕК) $\Sigma t_{\text{тк}}$ проведен в условия близки до идеалните.

Планът на Рехтшафнер изисква извършването на двадесет експеримента с промяна нивата на факторите. Матрицата с резултатите от експеримента са нанесени в табл. №1. По данните в табл.№1 и с помощта на програмата:”Mathcad 2001” се обработват данните от експеримента и се изчисляват регресионните уравнения на функцията. Резултатите от математическата обработка с компютър са приложени към настоящата разработка, в табл. №2.

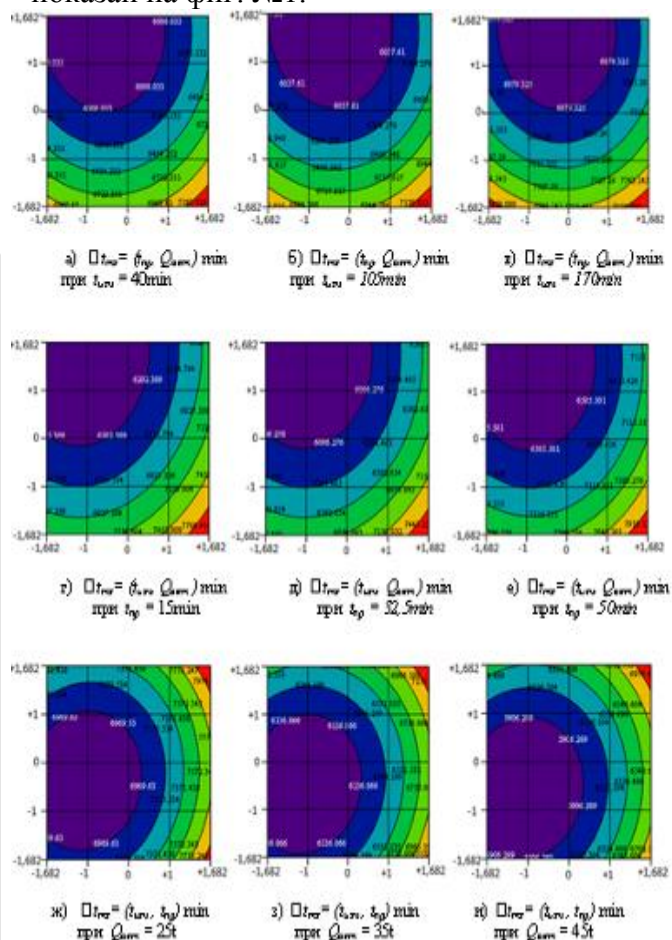
Таблица: №2 Матрица с резултатите от експеримента

№	X_1	X_2	X_3	$X_1 X_2$	$X_1 X_3$	$X_2 X_3$	X_1^2	X_2^2	X_3^2	Y_1
1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7200
2	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	7800
3	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	7500
4	+1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	8200
5	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	6000
6	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	7000
7	-1	+1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	6800
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	7300
9	-1,682	0	0	0	0	0	2,829	0	0	6200
10	+1,682	0	0	0	0	0	2,829	0	0	8100
11	0	-1,682	0	0	0	0	0	2,829	0	7000
12	0	+1,682	0	0	0	0	0	2,829	0	7200
13	0	0	-1,682	0	0	0	0	0	2,829	7900
14	0	0	+1,682	0	0	0	0	0	2,829	5800
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6100
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6110
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6111
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6112
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6113
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5870

Изследването на влиянието на технологичните параметри върху производителността на процеса СВДТЕК, се определя чрез съставяне на регресионни уравнения във вида:

$$Y(X_1, X_2, X_3) = 6063.786146 + 431.714059 * X_1 + 149.113354 * X_2 - 529.570613 * X_3 - 62.500000 * X_1 * X_2 + 37.500000 * X_2 * X_3 + 408.214566 * X_1 * X_1 + 390.532541 * X_2 * X_2 + 302.122416 * X_3 * X_3;$$

По направените изчисления и критерия на Фишер ($F=5,15 < F_{\text{кр}}=6,09$ – критерий) определяме, че моделът е адекватен. Чрез компютърна програма MathCAD, за оптимизиране параметрите на модела търсим минимална стойност във факторното пространство, ограничено от звездните точки на кодираните променливи с граници (-1,682; 1,682). Графичен анализ на регресионен модел на $\Sigma t_{\text{тк}}$ в областта на оптимума е показан на фиг. №1.



Фиг. 1. Зависимости между сумарното време на товарене на кораба $\Sigma t_{\text{тк}}$ и входните параметри време на изчакване $t_{\text{изч}}$, време на престой $t_{\text{пр}}$ и количеството товар доставен с камиони $Q_{\text{авт}}$.

В оптималната точка за образец 1 (Кораб 25 000 тона) се получава минималната стойност СВДТЕК $\Sigma_{тк} = 5687,71 \text{ min}$ и тя има следните координати:

- сумарно време за изчакване в системата $\Sigma_{тизч} - x_1 = Z_1 = 74,7471 \text{ min}$;
- сумарно време за придвижване в системата $\Sigma_{тпр} - x_2 = Z_2 = 27,638 \text{ min}$;
- количество доставено товар с един камион $Q_{авт} - x_3 = Z_3 = 43,9366 \text{ t}$.

Обработката на статистическите данни, чрез програмен продукт “MathCAD” позволява построяването на изолинии за всеки образец.

На фиг. №1, а,б,в,г,д,е,ж,з и и са представени изолинии за сумарно време за доставка на товар за един кораб (СВДТЕК) $\Sigma_{тк}$ в околността на оптимума при всички комбинации на факторите. На всяка от фигурите $\Sigma_{тк}$ е функция на два фактора при постоянни (оптимални) стойности на останалите два (нулевите координати на новата координатна система) и е представена в размерност минути- min. Повърхнината на отклик е ротационен елипсоид фиг. №1, като центърът му е МИМИМУМ.

4. Изводи:

1. Анализът на резултатите от изследване на процеса- сумарно време за доставка на товар за един кораб (СВДТЕК) $\Sigma_{тк}$ и от направения експериментално- статистически анализ на модела според значимостта на факторите влияещи на изходния параметър се подреждат:

- а) най-важен фактор за сумарно време за доставка на товар за един кораб (СВДТЕК) $\Sigma_{тк}$ се явява сумарно време за изчакване в системата $\Sigma_{тизч}$ в min. Математичният модел показва, че изменението на сумарно време за изчакване в системата $\Sigma_{тизч}$ води до монотонно и съпосочно изменение на сумарно време за доставка на товар за един кораб (СВДТЕК) $\Sigma_{тк}$;
- б) следващ по важност фактор за сумарно време за доставка на товар за един кораб (СВДТЕК) $\Sigma_{тк}$ е сумарно време за придвижване в системата $\Sigma_{тпр}$ в min, като в областта на оптимума неговата значимост е

около 70% до 90% от тази на сумарно време за изчакване в системата $\Sigma_{тизч}$.

в) фактор, влияещ по-незначително върху сумарно време за доставка на товар за един кораб (СВДТЕК) $\Sigma_{тк}$ е количество доставен товар с един камион $Q_{авт}$ измерено в тон. В района на оптимума, явяващ се за него локален максимум, важността му за сумарно време за доставка на товар за един кораб (СВДТЕК) $\Sigma_{тк}$ е около 90% и е приблизително незначителна.

2. На основата на направения анализ на получените резултати и построените диаграми можем да направим следните изводи.

Анализът на графичните зависимости потвърждава значимостта на трите фактора $\Sigma_{тизч}$, $\Sigma_{тпр}$, $Q_{авт}$ и влиянието им върху сумарното време за доставка на товар за един кораб (СВДТЕК) $\Sigma_{тк}$, въпреки че някои от координатите на точката на оптимума са далеч извън границите на факторното пространство, определени в табл. 3.9. ясно се вижда влиянието на факторите върху сумарно време за доставка на товар за един кораб (СВДТЕК) $\Sigma_{тк}$.

3. Разработената методика ни дава възможност да проведем необходимите изследвания свързани с разработката на настоящата дисертационна работа.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Генов, Д. Моделиране и оптимизация на производствени процеси (практикум). ВМЕИ, 1994.
- [2] Стоянов, С. Методи и алгоритми за оптимизация. С., Техника, 1990.
- [3] Мечкарова Т., Стоянова А., Методика за експериментално- статистическо изследване на нова кинематична схема за ППД., „VII Международен конгрес МТМ“, Варна, Брой 2
- [4] Райков, Райко, Георгиев, Николай, Стойков, Димитър, Беров, Теодор, Стоянов, Ивайло 2002: Техническа експлоатация и безопасност на транспорта. София, ВТУ „Тодор Каблешков“.
- [5] Вучков И., Стоянов С., Математическо моделиране и оптимизация на технологични обекти. С.. Техника 1986.

ЕНЕРГЕТИЧНИ ПАРАМЕТРИ НА АНТЕННИ РЕШЕТКИ ОТ МИКРОЛЕНТОВИ КЪСИ АНТЕНИ С ОБРАТНО ИЗЛЪЧВАНЕ С ДИЕЛЕКТРИЧНО ЗАПЪЛНЕН РЕЗОНАТОРЕН ОБЕМ И ПРОЦЕПНО ВЪЗБУЖДАН МИКРОЛЕНТОВ ИЗЛЪЧВАТЕЛ-ВЪЗБУДИТЕЛ

ENERGETIC PARAMETERS OF MICROSTRIP SHORT BACKFIRE ANTENNA ARRAYS WITH DIELECTRIC FILLED CAVITY VOLUME AND SLOT EXITED MICROSTRIP PATCH EXCITER

Георги Червенков

Abstract – This paper examines the influence of the number of radiators on the radiation efficiency of an 4 and 16 element equidistant microstrip short backfire antenna arrays with dielectric filled cavity volume, slot exited microstrip patch exciter and a linear polarization of the radiated radio wave. The analysis of the results indicates the potential for broadening of antenna bandwidth.

Keywords: microstrip short backfire antenna, antenna arrays, radiation efficiency

1. Въведение

Създаването на плоски антенни решетки с голямо усилване, широка честотна лента, компактна антенна конструкция и добри механични характеристики, е актуален проблем, както от научен, така и от научно-приложен аспект. Традиционен подход при изследване на антенни решетки с нов тип базови излъчватели е изграждането на антенна решетка от еднотипни излъчватели с еднакво разстояние между тях и избор на подходяща фидерна система. Основни фактори, определящи антенните свойства на антенната решетка, са електрическите характеристики на единичния излъчващ елемент, електрическото разстояние между излъчвателите, тип на фидерната (захранващата) система, изисквания относно промяна местоположението на главния максимум в пространството (сканиране на ДН), нивото на възбуждани повърхностни вълни, степен на взаимно влияние между излъчвателите в решетката, ниво на кросполяризационната съставляща и ефективност на излъчване.

Възможности за реализиране на микролентови плоски антенни решетки със средно висок коефициент на насочено действие предоставят микролентовите къси антени с обратно излъчване [1, 2].

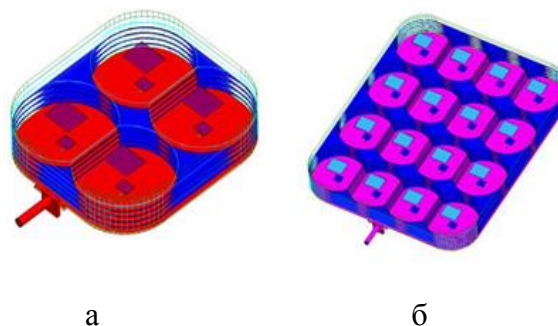
Цел на изследването – Да се установи изменението на енергетичните параметри, в зависимост от броя на излъчвателите, в еквилидистантни синфазни антенни решетки от микролентови къси антени с обратно излъчване с диелектрично запълнен

резонаторен обем (МКАОИДРО), процепно възбуждане на микролентовия излъчвател-възбудител и линейна поляризация на излъчената радиовълна.

2. Антенни решетки от микролентови къси антени с обратно излъчване

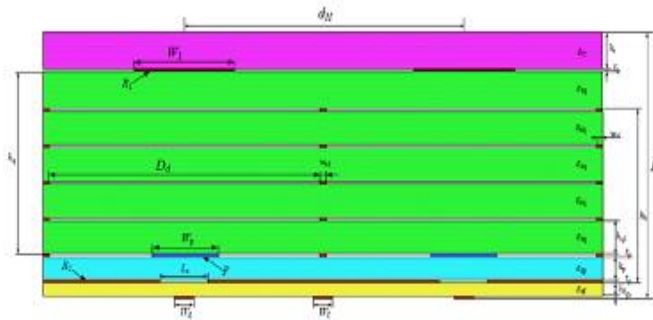
Изследвана е ефективността на излъчване при две плоски синфазни антенни решетки от микролентови къси антени с обратно излъчване с диелектрично запълнени резонаторни обеми, обособени от многослойния печатен периферен метален екран – с четири (фиг. 1а) и с шестнадесет (фиг. 1б) броя излъчватели [3-5].

Като единичен излъчвател за изграждане на антенните решетки се използва микролентовата къса антената с обратно излъчване с печатен периферен екран [1, 2].



Фиг. 1. Синфазни антенни решетки от микролентови къси антени с обратно излъчване с диелектрично запълнен резонаторен обем
а) четириелементна (2×2) антенна решетка
б) шестнайсетелементна (4×4) антенна решетка

Антените решетки условно може да се разглеждат, като съставена от две части – излъчваща и възбуждаща. Двете части са разположени от двете страни на големия отражател R2, а електромагнитната връзка между тях се осъществява посредством правоъгълен процеп (с дължина L_s) изрязан в центъра на R2 – показани на фиг.2.



Фиг. 2. Четириелементна синфазна антенна решетка от МКАОИДРО (разрез в H -равнина)

Излъчващата част на антената включва: правоъгълен метален излъчващ елемент F, диелектрична подложка PS ($\epsilon_{rp}=6.15$; $\text{tg}\delta=0.0038$; $h_p=1.27\text{mm}$), голям отражател R2, периферен метален екран, диелектрична подложка SRS ($\epsilon_{rq}=4.1$; $\text{tg}\delta=0.0033$; $h_q=6.35\text{mm}$), малък правоъгълен отражател R1, диелектрична подложка AS ($\epsilon_{rt}=2.6$; $\text{tg}\delta=0.0019$; $h_t=1.58\text{mm}$). Диелектричната подложка SRS е съставена от пет броя диелектрични плоскости, височината на които е подбрана така, че пръстените (с ширина w_{r1}) да формират многослоен печатен периферен метален екран – функционално еквивалентен на плътен метален периферен екран. Възбуждащата част на антената се състои от: диелектрична подложка FS ($\epsilon_{rf}=6.15$; $\text{tg}\delta=0.0038$; $h_f=0.635\text{mm}$), диелектрична подложка SS ($\epsilon_{rs}=2.6$; $\text{tg}\delta=0.0019$; $h_s=1.58\text{mm}$), възбуждаща микролентова линия (разположена между двете подложки – FS и SS) и метален екран (основа на антената).

Избран е класически подход за синфазно и равномерно-амплитудно захранване на излъчвателите, посредством използване на паралелна захранваща система и симетрични двураменни делители на мощност, който традиционно се използва за увеличаване на коефициента на насочено действие и води до

запазване непроменено положението на главния лист в ДН в работната честотна лента [6, 7]. При плоската антенна решетка с конфигурация на излъчвателите 2×2 антенни елемента, е използвано модулно изграждане, при което тя се състои от Е-равнинни и Н-равнинни линейни двуелементни антенни решетки [8], като получената чериелементна антенна решетка (A7) е правоъгълна, поради различното междуелементно разстояние в двете електромагнитни равнини.

3. Резултати и дискусия

Изследването на антените се извърши с използване на комерсиалния софтуерен антенен симулатор AN-SOF, използващ конформния метод на моментите (Conformal Method of Moments) за електродинамично моделиране на антени [9]. Това позволява антенните решетки да бъдат моделирани триизмерно и максимално близко до изработения след това прототип, с отчитане на влиянията и взаимните връзки в реалната антенна конструкция.

Енергетичният параметър ефективност на излъчване η_{rad} характеризира способността на антената да преобразува мощността на направляемите електромагнитни вълни P_t (радиочестотната мощност подавана към антената) в мощност на излъчените радиовълни P_{rad} и се определя от израза [14, 15]:

$$\eta_{rad} = \frac{P_{rad}}{P_t} \quad (1)$$

Мощността на излъчване на антената се определя посредством интегриране на плътността на потока на мощността $\Pi(\theta, \varphi)$ по затворената повърхност S, обхващаща обема от пространството около антената

$$P_{rad} = \oint_S \Pi(\theta, \varphi) \cdot dS$$

съгласно израза:

Определянето на ефективността на излъчване в честотната лента на антената е извършено посредством използването на известната аналитична взаимовръзка между енергетичните параметри коефициент на

$$G = \frac{\Pi(\theta, \varphi)}{(P_t/S)}$$

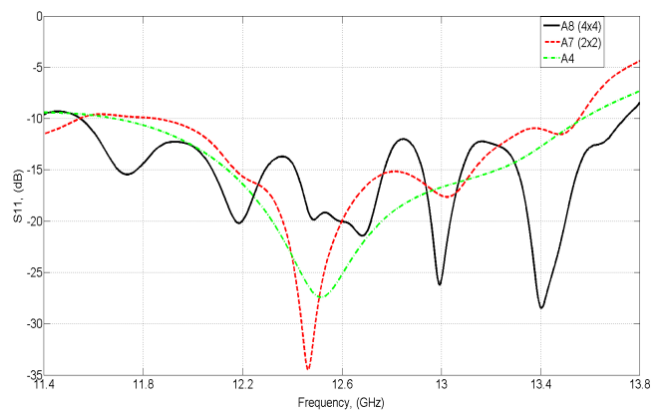
усилване

и коефициент

$$D = \frac{P(\theta, \varphi)}{(P_{rad}/S)}$$

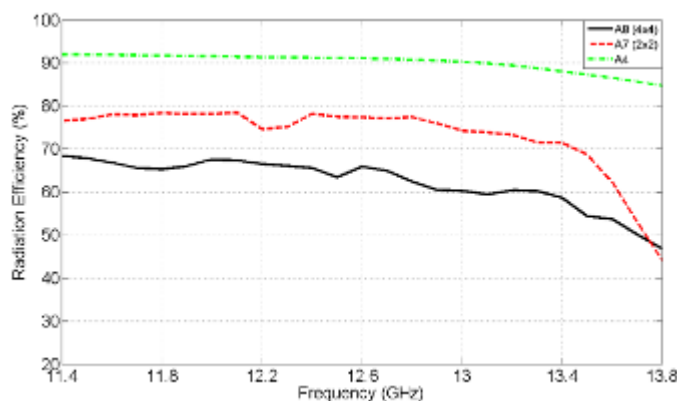
на насочено действие
на антената [15]:

$$\eta_{rad} = \frac{G(\theta, \varphi)}{D(\theta, \varphi)} \quad (2)$$



Фиг. 3. Честотни характеристики на модула на коефициента на отражение

На фиг. 3 е показано изменението на модула на коефициента на отражение $|S_{11}|$ от входа на антена 16-елементната антенна решетка A8 (непрекъснатата линия), 4-елементната антенна решетка A7 (прекъснатата линия) и единичната антена A4 (прекъснатата линия с точки) [2] във функция от честотата, при вълново съпротивление на захранващата коаксиална линия равно на 50Ω .



Фиг. 4. Честотни характеристики за ефективността на излъчване

На фиг. 4 е показано изменението на ефективността на излъчване η_{rad} , във функция от честотата, на антена 16-елементната антенна решетка A8 (непрекъснатата линия), 4-елементната антенна решетка A7 (прекъснатата линия) и единичната

антена A4 (прекъснатата линия с точки). От получените резултати (фиг.3 и фиг.4) се констатира, че в околността на средната работна честота ($f_0 \cong 12.6GHz$) ефективността на излъчване намалява приблизително с 12 % при всяко четирикратно увеличаване на броя на излъчвателите. При увеличаване на броя на излъчвателите ефективността на излъчване не само намалява, но се наблюдава и по-голяма неравномерност в хода на кривите при антенните решетки, в сравнение с единичната МКАОИДРО. И при двете изследвани антенни решетки се наблюдава отчетлива тенденция, за намаляване на ефективността им на излъчване над максималната честота в работната им честотна лента (фиг.4) – по-слабо изразена при антенна решетка A8, но ясно забележима при антенна решетка A7. Следва да се отбележи, че и при двете антенни решетки, както и при единичната антена A4, за честоти по-ниски от минималната честота ($f_{min} = 11,55GHz$ – за A8 и $f_{min} = 11,85GHz$ – за A7) в работната им честотна лента, не се наблюдава тенденция за намаляване на ефективността на излъчване, което е индикация за потенциална възможност за разширяване на работната им честотна лента.

4. Заключение

Представени са резултатите от изследванията на основните енергетични параметри на еквиливантни синфазни антенни решетки от микролентови къси антени с обратно излъчване с диелектрично запълнен резонаторен обем и процепно възбуждане на микролентовия излъчвател-възбудител. Установи се, че в околността на средната работна честота ($f_0 \cong 12.6GHz$) ефективността на излъчване намалява приблизително с 12 % при всяко четирикратно увеличаване на броя на излъчвателите. Анализът на получените резултати, показва потенциалната възможност за разширяване на честотната лента по усилване на плоските синфазни антенни решетки от микролентови къси антени с обратно излъчване с диелектрично запълнен резонаторен обем.

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени по проект НП7/2016г. в рамките на присъщата на ТУ-Варна научноизследователска дейност, финансирана целево от държавния бюджет.

За контакти:

9010 Варна,
ул. “Студентска” № 1,
Технически университет – Варна
ас. д-р инж. Георги Червенков,
e-mail: g.t.chervenkov@tu-varna.bg

5. Литература

- [1]. Kirov G.S., G.T. Chervenkov, C.D. Kalchev, “Aperture Coupled Microstrip Short Backfire Antenna”, Journal of Electrical Engineering, ISSN: 1335-3632, Vol. 63, №. 2, 2012, pp. 75-80.
- [2]. Червенков Г.Ц., Г.С. Киров, „Микролентова къса антена с обратно излъчване с многослоен печатен периферен екран“, Патент за изобретение № 66 521/31.03.2016г., Патентно ведомство на РБ.
- [3]. Киров Г.С., Червенков Г.Ц., „Антенна решетка от микролентови къси антени с обратно излъчване“, Заявка за патент за изобретение № 110 818/16.12.2010г., Патентно ведомство на Република България.
- [4]. Kirov G.S., G.T. Chervenkov, Y.D. Kalchev, “Some Studies of Aperture Coupled Microstrip Short Backfire Antenna Arrays”, Годишник на Техническият университет във Варна, ISSN: 1311-896X, Варна, 2011, т. I, стр. 105-109.
- [5]. Червенков Г.Ц., „Изследване на микролентови къси антени с обратно излъчване“, Дисертация за ОНС „доктор“, ТУ-Варна, 2013.
- [6]. Sainati R.A., “CAD of Microstrip Antennas for Wireless Applications”, Artech House, 1996.
- [7]. Song H.J., M.E. Bialkowski, Ku-band 16×16 Planar Array with Aperture Coupled Microstrip-Patch Elements, IEEE Antennas Propag. Mag., vol., 40, No.5, 1998, pp.25-29.
- [8]. Chervenkov G.T., G.S. Kirov, Some Studies of Two Element Arrays of Microstrip Aperture Coupled Short Backfire Antennas, Трети международен научен конгрес 50 години Технически университет във Варна, ISBN: 978-954-20-0557-5, Варна, 04÷06 окт. 2012, т. VIII, стр. 9-14.
- [9]. <http://antennasoftware.com.ar>

ВЗАИМНО ВЛИЯНИЕ МЕЖДУ ИЗЛЪЧВАТЕЛИТЕ В ДВУЕЛЕМЕНТНИ АНТЕННИ РЕШЕТКИ ОТ МИКРОЛЕНТОВИ КЪСИ АНТЕНИ С ОБРАТНО ИЗЛЪЧВАНЕ С ДИЕЛЕКТРИЧНО ЗАПЪЛНЕН РЕЗОНАТОРЕН ОБЕМ И ПРОЦЕПНО ВЪЗБУЖДАН МИКРОЛЕНТОВ ИЗЛЪЧВАТЕЛ-ВЪЗБУДИТЕЛ

MUTUAL COUPLING IN TWO ELEMENT MICROSTRIP SHORT BACKFIRE ANTENNA ARRAYS WITH DIELECTRIC FILLED CAVITY VOLUME AND SLOT EXITED MICROSTRIP PATCH EXCITER

Георги Червенков

Abstract: This paper examines the mutual coupling between radiators in a two microstrip short backfire antenna arrays with dielectric filled cavity volume, slot exited microstrip patch exciter, linear polarization and broadside radiation: H-plane two-element antenna array with a common printed rim and dielectric loaded backfire cavity, and H-plane two-element antenna array with a separately cavity – enclosed antenna elements and printed rim. The analysis of the results show that the directivity for array with a common printed rim is fractalized and much lower than the directivity of the basic antenna element and therefore the use of common rim is not suitable for creation an antenna arrays of aperture coupled microstrip short backfire antennas with dielectric filled cavity volume.

An antenna arrays with a separately cavity – enclosed antenna elements by printed rim is a basis for creation of multi-element high-gain arrays and may find various applications in modern radiocommunications.

Keywords: antenna array, mutual coupling, microstrip short backfire antenna, microstrip short backfire antenna array, short backfire antenna, short backfire antenna array, two element linear antenna array

1. Въведение

В радиотехническите системи, при които от особено значение е антената да има ниско тегло, устойчива и компактна конструкция, съвместена на една печатна платка или в една монолитна микровълнова интегрална схема (ММИС) с останалите блокове от радиокомуникационното устройство се използват микролентови антени с диелектрична подложка с висока стойност на относителната диелектрична проникваемост (ϵ_r). Един от основните негативни ефекти от използването на диелектрични подложки с висока стойност на ϵ_r и голяма електромагнитна дебелина е понижаването на ефективността на излъчване, поради увеличаване на взаимно влияние между излъчвателите, вследствие на разпространяващите се повърхностни вълни. Наличието на взаимно влияние между излъчвателите оказва въздействие, както върху характеристиките на излъчване на антенната решетка, така и върху характеристиките на радиокомуникационната система, вътре- и междусистемната електромагнитни съвместимости [1, 2].

Създаването на плоски антенни решетки с голямо усилване, широка честотна лента,

компактна антенна конструкция и добри механични характеристики, е актуален проблем, както от научен, така и от научно-приложен аспект. Традиционен подход при изследване на антенни решетки с нов тип базови излъчватели е изграждането на антенна решетка от еднотипни излъчватели с еднакво разстояние между тях и избор на подходяща фидерна система. Основни фактори, определящи антенните свойства на антенната решетка, са електромагните характеристики на единичния излъчващ елемент, електрическото разстояние между излъчвателите, тип на фидерната (захранващата) система, изисквания относно промяна местоположението на главния максимум в пространството (сканиране на диаграмата на насоченост), нивото на възбудени повърхностни вълни, ефективност на излъчване, ниво на кросполяризационната съставляща и степен на взаимно влияние между излъчвателите в решетката.

Резонаторните антени, и по-конкретно късите антени с обратно излъчване (КАОИ) осигуряват, при несложна конструкция, средновисок коефициент на насочено действие (КНД) и висока ефективност на

излъчване [3]. Микроленовите къси антени с обратно излъчване [4, 5] съчетават предимствата на микроленовата технология с тези на КАОИ. В [6] е предложен вариант за изграждане на антенна решетка от микроленовите къси антени с обратно излъчване (МКАОИ) с общ диелектрично запълнен резонаторен обем, а в [7-9] са представени конструкция и резултати от прилагане на нов подход при изграждане на антенни решетки от МКАОИ с диелектрично запълнен резонаторен обем, но не е изследван количествено въпросът за взаимното влияние между излъчвателите в антенната решетка. Цел на изследването – Да се установи взаимното влияние между излъчвателите и въздействието му върху енергетичните параметри на двуелементни плоски антенни решетки от микроленови къси антени с обратно излъчване с диелектрично запълнен резонаторен обем (МКАОИДРО), процепно възбуждане на микроленовия излъчвател-възбудител и линейна поляризация на излъчената радиовълна.

2. Двуелементни антенни решетки от микроленови къси антени с обратно излъчване

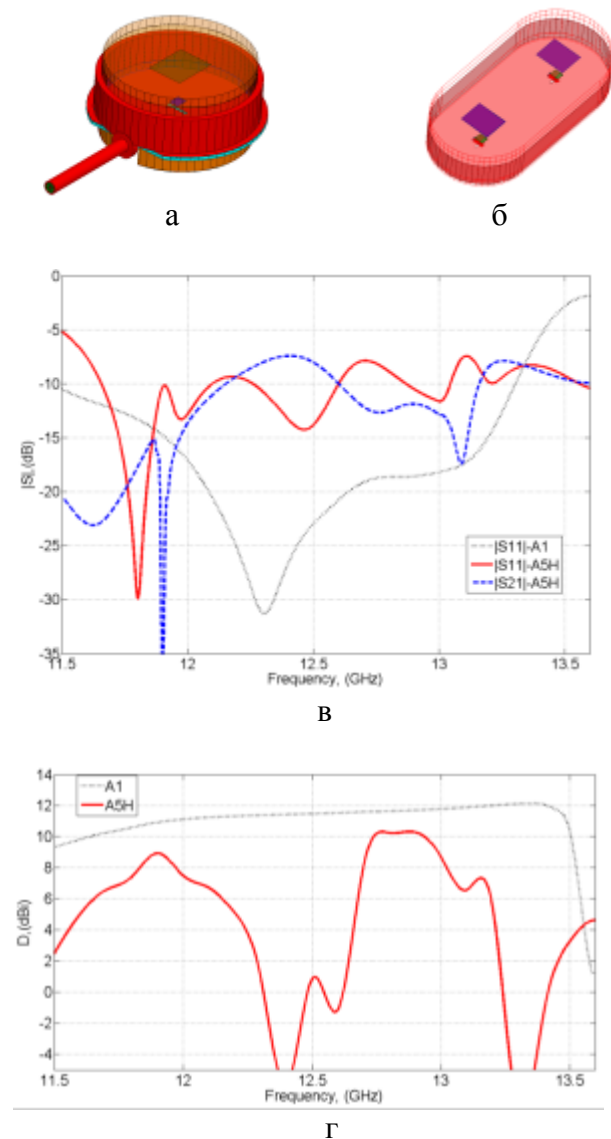
Изследвано е взаимното влияние между излъчвателите при две плоски антенни решетки от микроленови къси антени с обратно излъчване с диелектрично запълнен резонаторен обем, процепно възбуждане на микроленовия излъчвател-възбудител и ориентиране на излъчвателите в антенната решетка в Н-равнина – антенна решетка с общ (фиг. 1б) и антенна решетка с многослоен (фиг. 2б) периферен екран.

Като единичен излъчвател в антенните решетки се използват микроленовите къси антени с обратно излъчване с плътен (фиг. 1а) и с многослоен решетъчен (фиг. 2а) периферен екран [4, 5].

Конструктивните размери и използваните материали при единичните излъчватели и антенните решетки са представени в [8-11].

За съпоставка на резултатите двете антенни решетки са с едно и също междуелементно разстояние (25.6 mm) в електромагнитната Н-равнина, приблизително равно на една дължина на вълната в свободното

пространство, за средната работна честота на антени А1 и А3.

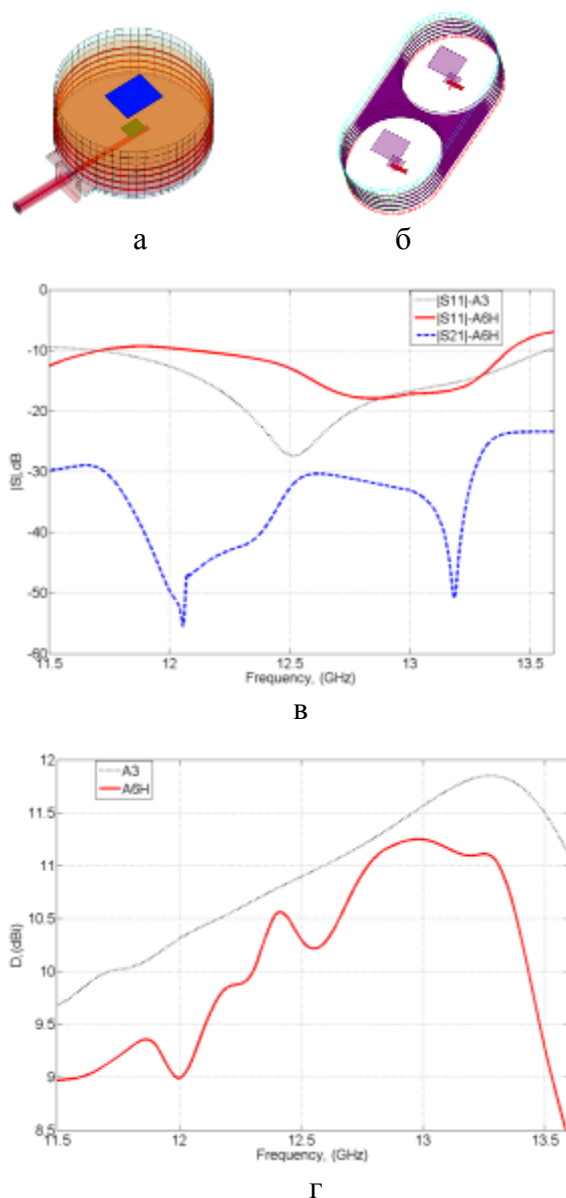


Фиг. 1. Микроленови къси антени с обратно излъчване с диелектрично запълнен резонаторен обем и общ плътен периферен екран

а) единичен излъчвател – антена А1

б) двуелементна антенна решетка с разположение на излъчвателите в Н-равнина – антена А5Н

в) честотни характеристики за модула на коефициента на отражение от порта на антената
г) честотни характеристики за коефициента на насочено действие



Фиг. 2. Микролентови къси антени с обратно излъчване с диелектрично запълнен резонаторен обем и многослоен печатен периферен екран

а) единичен излъчвател – антена АЗ

б) двueleментна антенна решетка с разположение на излъчвателите в Н-равнина – антена А6Н

в) честотни характеристики за модула на коефициента на отражение от порта на антената

г) честотни характеристики за коефициента на насочено действие

3. Резултати и дискусия

Изследването на антените се извърши с използване на комерсиалния софтуерен антенен симулатор AN-SOF, използващ конформния метод на моментите (Conformal Method of Moments) за електродинамично моделиране на антени [12]. Това позволява антенните решетки да бъдат моделирани триизмерно и максимално близко до изработения след това прототип, с отчитане на

влиянията и взаимните връзки в реалната антенна конструкция.

На фиг. 1в са показани честотните характеристики за изменението на модула на коефициента на отражение $|S_{11}|$ от входа на антенна решетка А5Н (непрекъсната линия), единичния антенен елемент А1 (прекъсната линия с точки) и взаимното влияние $|S_{21}|$ между излъчвателите в антенна решетка А5Н (прекъсната линия с тирета) във функция от честотата, при вълново съпротивление на захранващата микролентова линия равно на 50Ω . На фиг. 1г са представени честотните характеристики за изменението на КНД (D), във функция от честотата, на единичния антенен елемент А1 (прекъсната линия с точки) и антенна решетка А5Н (непрекъсната линия).

От получените резултати се вижда, че взаимното влияние между излъчвателите в антенната решетка с общ периферен екран е изключително силно ($|S_{21}| = -7\text{dB}$ за средната работна честота $f_0 = 12.38\text{GHz}$ на А1), поради възбудената и разпространяваща се повърхностна вълна в диелектрично запълнения резонаторен обем между двата отражателя (малкия и големия), вследствие на което коефициента на отражение $|S_{11}|$ от входа на антенна решетка А5Н е силно изменен (честотната лента на градивния антенен елемент А1 е раздробена на четири тесни ленти), а коефициентът на насочено действие на антенната решетка с общ периферен екран е фрактализиран и много по-нисък от този на единичния излъчвател, което показва несъстоятелността на предложената в [6] хипотеза за изграждане на антенна решетка от МКАОИ с общ диелектрично запълнен резонаторен обем.

На фиг. 2в са показани честотните характеристики за изменението на модула на коефициента на отражение $|S_{11}|$ от входа на антенна решетка А6Н (непрекъсната линия), единичния антенен елемент АЗ (прекъсната линия с точки) и взаимното влияние $|S_{21}|$ между излъчвателите в антенна решетка А6Н (прекъсната линия с тирета) във функция от честотата, при вълново съпротивление на захранващата микролентова линия равно на 50Ω . На фиг. 2г са представени честотните характеристики за изменението на КНД (D), във функция от честотата, на единичния антенен елемент АЗ (прекъсната линия с точки) и антенна решетка А6Н (непрекъсната линия).

Анализът на получените резултати показва, че използването на решетъчен многослоен печатен периферен екран, за обособяване на собствени

диелектрично запълнени резонаторни обеми в антенната решетка води до силно намаляване на взаимното влияние между излъчвателите в антенната решетка – с 20dB спрямо антенна решетка А5Н, до стойност $|S_{11}| = -30dB$ за средната работна честота $f_0 = 12.6GHz$ на Аз. В резултат от това коефициентът на отражение $|S_{11}|$ от входа на антенна решетка А6Н и коефициентът на насочено действие на антенната решетка са слабо повлияни, което показва че микролентовите къси антени с обратно излъчване с обособени, посредством използване на многослоен печатен периферен метален екран, диелектрично запълнени резонаторни обеми на излъчвателите са изключително подходящи за изграждане на многоелементни антенни решетки.

4. Заключение

Представени са резултатите от изследванията за взаимното влияние между излъчвателите в две елементни планарни антенни решетки от микролентови къси антени с обратно излъчване с диелектрично запълнен резонаторен обем и процепно възбуждане на микролентовия излъчвател-възбудител. Изследвано е взаимното влияние между излъчвателите в антенните решетки при използване на общ и при използване на многослоен периферен екран, при ориентиране на излъчвателите в антенната решетка в Н-равнина. Анализът на получените резултати показва, че поради силното взаимно влияние между излъчвателите коефициентът на насочено действие на антенната решетка с общ периферен екран е фрактализиран и много по-нисък от този на единичния излъчвател. Използването на решетъчен многослоен печатен периферен екран, за обособяване на собствени диелектрично запълнени резонаторни обеми в антенната решетка води до силно намаляване на взаимното влияние между излъчвателите в антенната решетка – с 20dB спрямо антенна решетка А5Н, до стойност $|S_{11}| = -30dB$ за средната работна честота $f_0 = 12.6GHz$ на Аз.

Антенните решетки от микролентови къси антени с обратно излъчване с обособени, посредством използване на многослоен печатен периферен метален екран, диелектрично запълнени резонаторни обеми на излъчвателите са изключително подходящи за изграждане на многоелементни антенни решетки.

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени по проект НП7/2016г. в рамките на присъщата на ТУ-Варна научноизследователска

дейност, финансирана целево от държавния бюджет.

5. Литература

- [1]. Perini J., K. Hirasawa, “Antenna pattern distortion and mutual coupling in antenna farms,” IEEE Electromagn. Compat. Symp. Rec., Jun. 1973, pp. 201–208.
- [2]. Keiser B., “Principles of Electromagnetic Compatibility”, Artech House, 1987.
- [3]. Kumar A., H.D. Hristov, “Microwave Cavity Antennas”, Artech House, 1989.
- [4]. Киров Г.С., Г.Ц. Червенков, „Микролентова къса антена с обратно излъчване с процепно възбуждане“, Патент за изобретение № 66540/07.09.2016г., Патентно ведомство на Република България.
- [5]. Червенков Г.Ц., Киров Г.С., „Микролентова къса антена с обратно излъчване с многослоен печатен периферен екран“, Патент за изобретение № 66 521/31.03.2016г., Патентно ведомство на Република България.
- [6]. Kaloi C.M., D. Hatfield, P. Simon, “Microstrip Backfire Antenna”, IEEE Antennas Propag. Soc. Symp., 1981, vol.19, pp.343-346.
- [7]. Киров Г.С., Г.Ц. Червенков, „Антенна решетка от микролентови къси антени с обратно излъчване“, Заявка за патент за изобретение, Патентно ведомство на Република България, рег. № 110 818/16.12.2010г..
- [8]. Червенков Г.Ц., „Изследване на микролентови къси антени с обратно излъчване“, Дисертация за ОНС „доктор“, ТУ-Варна, 2013.
- [9]. Chervenkov G.T., G.S. Kirov, Some Studies of Two Element Arrays of Microstrip Aperture Coupled Short Backfire Antennas, Трети международен научен конгрес 50 години Технически университет във Варна, ISBN: 978-954-20-0557-5, Варна, 04÷06 окт. 2012, т. VIII, стр. 9-14.
- [10]. Kirov G.S., G.T. Chervenkov, Y.D. Kalchev, “Some Studies of Aperture Coupled Microstrip Short Backfire Antenna Arrays”, Годишник на Техническият университет във Варна, ISSN: 1311-896X, Варна, 2011, т. I, стр. 105-109.
- [11]. Kirov G.S., G.T. Chervenkov, C.D. Kalchev, “Aperture Coupled Microstrip Short Backfire Antenna”, Journal of Electrical Engineering, ISSN: 1335-3632, Vol. 63, №. 2, 2012, pp. 75-80.
- [12]. <http://antennasoftware.com.ar>

За контакти:

9010 Варна,
ул. “Студентска” № 1,
Технически университет – Варна
ас. д-р инж. Георги Червенков,
e-mail: g.t.chervenkov@tu-varna.bg

ОТНОСНО ВЛИЯНИЕТО НА ЪГЛОВОТО ОТКЛОНЕНИЕ ВЪРХУ ЗАГУБАТА НА УСТОЙЧИВОСТ НА ЕЛАСТИЧЕН СЪЕДИНИТЕЛ СЕГКЕ

ABOUT THE IMPACT OF ANGULAR MISALIGNMENT ON LOSS OF STABILITY COUPLING SEGKE

Елисавета Иванова, Христо Христов

Abstract: In the imperfect world, shafting between machines does not always line up, and the machines themselves behave unpredictably. The rubber flexible element on this SEGKE coupling contains internal reinforcing cords. This construction permits the coupling to have torsional rigidity and axial flexibility.

The axial deformations of the flexible element produce additional axial forces at the place of connection with metal flange. They are calculated the values of critical torque under which flexible element loses stability by computer experiment with program Solid Works. The computer model is based on one full turn of the flexible coupling. Calculation is made if the misalignment is up to 5 degrees.

Key words: flexible coupling, loss of stability, misalignment compensation, critical load

1. Въведение

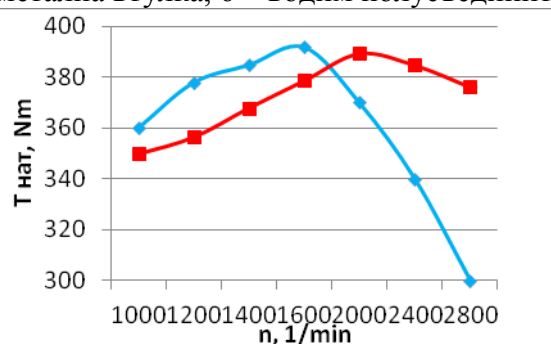
По литературни данни [4] еластичният съединител Перифлекс типоразмер – 360x100 по ГОСТ 20884-82 губи устойчивост при критичен момент $T_{кр} = 3800$ Nm при експериментални изследвания, а теоретично по методиката на изчисление на Трибелски $T_{кр} = 3944$ Nm. Според проведени от нас теоретични изследвания [3, 6] същият съединител губи устойчивост при $T_{кр} = 3969,5$ Nm, при скорост на въртене $n = 1500$ min⁻¹ и модул на еластичност на гумата $E_g = 6$ МПа. Съпоставянето на резултатите за критичния момент за загуба на устойчивост, получени по пътя на моделирането с тези от изследванията в [4,5] на същия съединител показва разлика от едва 0,65%, което е индикатор за наличие на адекватност на използвания модел. Това дава основание да го приложим при изследване на съединителя с гумено корден еластичен елемент СЕГКЕ по БДС 16419-86 [2].

Характерно за горепосочените изследвания е това, че при тях не се отчита влиянието на ъглови измествания на съединяваните валове. Резултатите са показани на фиг. 1.

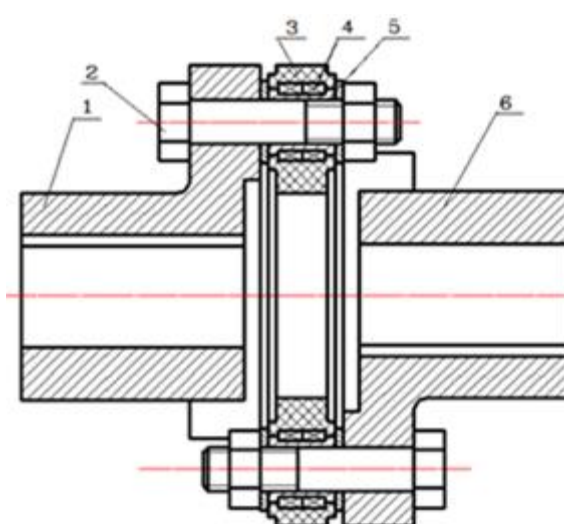
2. Изложение

Обект на изследването е еластичен съединител СЕГКЕ-T200 [1]. На фиг. 2 е показано изображение на съединителя и са въведени следните означения: 1 - водещ полусъединител, 2 - пасвани болтове, 3 –

еластичен елемент, 4 – кордни нишки, 5 – метална втулка, 6 – водим полусъединител.



Фиг.1. Сравнителна диаграма на изменението на критичния момент за загуба на устойчивост от скоростта на въртене на съединителя

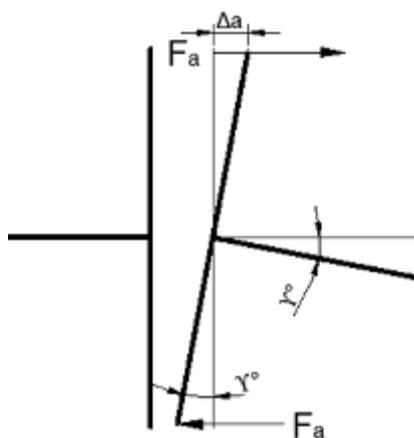


Фиг. 2. Еластичен съединител тип СЕГКЕ

Еластичният елемент е моделиран и сглобен в среда Assembly на софтуера Solid

Works. Кордните нишки са моделирани като обемен детайл.

На фиг. 3 е показано възможното ъглово изместване на валове, компенсирано от еластичния съединител. При това се пораждат допълнителни осеве сили.



Фиг.3 Ъглово изместване на валове

Въведени са следните означения:

γ – ъгловото изместване между осите на двата вала;

Δa – максимално осево изместване на еластичния елемент от γ ;

F_a – осева сила, породена от ъгловото изместване.

Допустимото ъглово изместване за съединител СЕГКЕ с номинален въртящ момент $T=200$ Nm по стандарт е 3° . При тази деформация за допустимо ъглово изместване от (1) се получава $\Delta a = 3,5$ mm.

$$\Delta a = \frac{D}{2} \cdot \sin \gamma = \frac{D \cdot \sin 3^\circ}{2} = \frac{135 \cdot 0.052}{2}, \quad (1)$$

където $D = 135$ mm е диаметъра, на който са разположени болтовете на еластичния съединител.

Силата F_a породена от ъгловата деформация на еластичния елемент действа перпендикулярно на челната му повърхност в зоната на болтовите съединения.

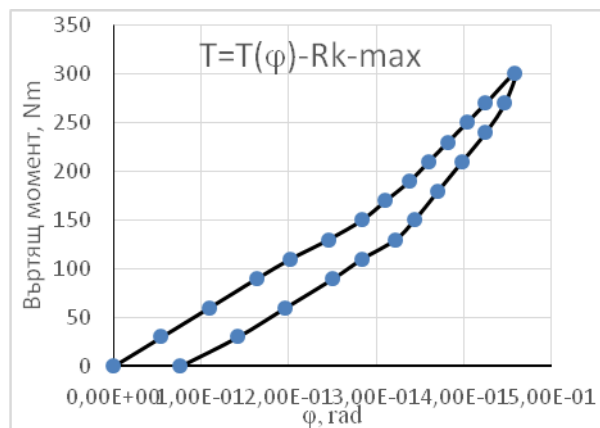
$$F_a = \Delta a \cdot C \cdot \sin \alpha, \quad (2)$$

където C – статичната коравина на еластичния елемент;

$\alpha = 0 \div 2\pi$ – ъгъл на завъртане на съединителя за един оборот.

На стенд за изпитване на еластични съединители в лабораторията в ТУ- Варна са

проведени измервания за опитно определяне на статичната характеристика $T=T(\varphi)$ на еластичен съединител тип СЕГКЕ, който е предназначен за номинален въртящ момент $T = 200$ Nm.



Фиг.4. Статична характеристика на съединител СЕГКЕ

Графичното изображение на статичната характеристика от изследването на съединителя в статични условия е показано на фиг. 4.

Получената по експериментален път усукваща коравина на съединителя СЕГКЕ - T200 в статични условия е $C_{екс} = 909,1$ Nm/rad.

Еластичният съединител без ъглово изместване между валове е изследван в компютърен експеримент на загуба на устойчивост - Buckling mode със Solid Works. Определено е нивото на влияние на отделните параметри на съединителя, както характеристики на материала (модул на еластичност на гумата; модул на еластичност на кордата), така и експлоатационни характеристики (скорост на въртене на съединителя).

Изследванията показват, че модулет на еластичност на гумата оказва максимално влияние на критичния момент на изкълчване. При изменение E_r от 2 до 5 МПа, $T_{кр}$ се повишава до 110%. Механичните свойства на кордата влияят минимално на критичния момент на изкълчване. Изменението на модула на еластичност на кордата - E_k от 30 до 50 МПа повишава критичния момент с около 5%, а изменението на коефициента на Поасон - μ_k от 0,17 до 0,4 не влияе на критичния момент на изкълчване. Намаление на оборотите на въртене на еластичния

съединител - n от 2800 до 1000 min^{-1} води до увеличаване на критичния момент на изкълчване от 300 до 400 Nm. Армирането на еластичния елемент с кордни нишки се извършва за увеличаване на допустимите напрежения на опън на еластичния съединител, а не за повишаване на критичния момент на изкълчване.

Проведена е нова симулация със еластичен съединител СЕГКЕ - T200Nm.

Материалът на всеки елемент на съединителя е избран според предходните изследвания.

- втулки - ниско въглеродна стомана с модул на еластичност $E = 2,06 \cdot 10^5$ Pa; плътност $\rho = 7850$ kg/m^3 ; коефициент на Поасон $\mu = 0,3$;

- еластичен елемент - материал Guma с плътност $\rho = 1080$ kg/m^3 ; модул на еластичност $E = 3$ MPa; коефициент на Поасон $\mu = 0,49$; якост на опън $\sigma_b = 16,2$ MPa.

- материал Корда – с модул на еластичност $E = 40$ MPa; коефициент на Поасон $\mu = 0,25$; якост на опън $\sigma_b = 90$ MPa

Изследването е проведено с въртящ момент $T = 330$ Nm и скорост на въртене на съединителя $n = 1200$ min^{-1} .

Фиксирани са неподвижно трите отвора на еластичния елемент, където са свързани детайлите с болтови съединения към единия вал. По другите три отвора са зададени сили, съответстващи на определен въртящ момент.

Моментът е зададен като сила, допирателна към болтовата окръжност на палците.

$$F_t = \frac{2T}{D \cdot z}, \quad (4)$$

където:

T – предаван въртящ момент;

D - диаметър на окръжността, на която лежат центровете на болтовете;

z – брой на болтовете, свързващи палците на фланеца на полусъединителя с еластичния елемент.

Болтовете, участващи в предаването на въртящия момент в едната посока, са разположени на 120° . Пресметнати и зададени са силите, възникващи във всеки болт, от допустимото ъглово изместване на валове 3° по формула (5). В Таблица1 са дадени големината на силите във всеки болт спрямо положението им от началното ъглово изместване.

$$F_a^i = \frac{D}{2} \cdot C \cdot \sin y \cdot \sin[\alpha + (i - 1) \cdot 120^\circ], \quad (5)$$

където $i \in [1,3]$ – номер на болта, фиксиращ еластичния елемент към палеца.

Таблица1

α°	0	30	60	90
F_a^1, N	0	1,591	2,76	3,182
F_a^2, N	2,76	1,591	0	-1,591
F_a^3, N	-2,76	-3,182	-2,76	-1,591

След стартиране на всяка симулация се получава BFS – коефициент за загуба на устойчивост, чрез който се изчислява критичния момент. Резултатите за критичния момент за загуба на устойчивост са изведени в Таблица 2

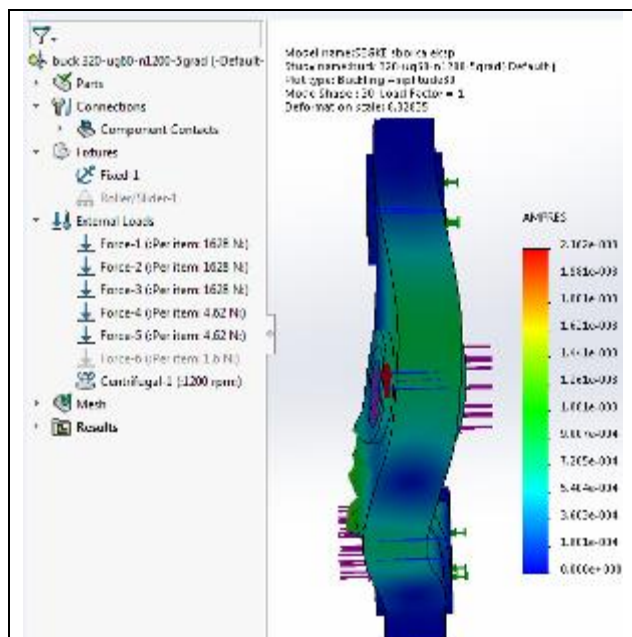
Таблица2

$T_{\text{нат}}, \text{Nm}$	BFS	$T_{\text{кр}}, \text{Nm}$	$\alpha, ^\circ$
200	1,89	379	
330	1,1	363	
330	1,07	353,1	0
330	1,06	349,8	30
330	1,064	351,12	60
330	1,06	349,8	90
500	0,705	352,5	
500	0,68	340	0

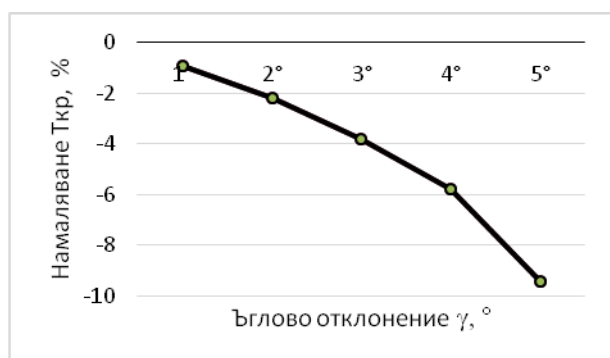
На фиг.6 е показан съединителя СЕГКЕ T200 при загуба на устойчивост момент за загуба на устойчивост са изведени в Таблица 2

На фиг. 5 е показан съединителя СЕГКЕ T200 при загуба на устойчивост Buckling mode със Solid Works при ъглово изместване на валове.

На фиг. 6 е показано намаляването на критичния момент на изкълчване при изменение на ъгловото отклонение от съосност на съединяваните валове в рамките до 5° .



Фиг.5. Визуализация на резултата от изследването на загуба на устойчивост - Buckling mode със Solid Works при ъглово изместване на валове



Фиг. 6. Намаляване на критичния момент в зависимост от ъгловото отклонение

3. Заключение

На база на получените резултати могат да бъдат направени следните изводи:

- При наличие на ъглови отклонения на съединяваните валове в границите от 1° до 5° еластичният съединител СЕГКЕ Т200 губи устойчивост при критичен въртящ момент, намаляващ нелинейно.

- При по-малките отклонения до 2° критичният момент намалява в рамките на 2,2 %.

- Допустимото според стандарта ъглово изместване на валове от 3° води до намаляване критичния момент на загуба на устойчивост с 3,8 %.

- При отклонение от съосност на валове до 5° критичният момент съществено намалява с 9,4 %, което е предпоставка за потребност от добро центроване.

- При натоварване до 500 Nm съединителят губи устойчивост при отклонение от съосност на валове над 3°.

Литература:

1. Лефтеров Л., Балтаджиев А., Атанасов Ц., Съединители, Техника, 1986;
2. БДС 16419 – 86, Съединители еластични с междинна гумено- кордна шайба. Основни параметри, размери и технически изисквания, издателство Стандартизация;
3. Иванова Е.И., Христов Х.П.; Изследване деформираното и напрегнато състояние на еластичен съединител тип СЕГКЕ, Сборник доклади от НТК - ЕКО Варна „Транспорт, Екология - Устойчиво развитие“ ISSN 2367 - 6299; том 22 - 2015; стр. 437- 442.
4. Трибелский Й.А., Научная тема: Расчетно-экспериментальные методы проектирования сложных резинокордных конструкций узлов агрегатов и машин, Омский Государственный Технический Университет, 2009
5. Ильичев В.А., Насонов Д.А., Экспериментально - аналитическое исследование и коррекция статистических и динамических характеристик резинопальцевых муфт, Известия Тул.ГУ Технические науки, 2011, кн.3.
6. Е. Иванова, Изследване влиянието на вида на деформационния процес върху експлоатационните характеристики на еластичния съединител с неметален елемент, Дисертация за ОНС „доктор“, ТУ-Варна, 2016

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1
Технически университет -Варна
доц., д-р инж. Христо Христов,
e-mail: hristo.hristov@tu-varna.bg
гл.ас.инж. Светлозар Стоянов
e-mail: stojanov10@abv.bg

СЪСТАВНИ ФРЕНЕЛОВИ АНТЕНИ

MULTICOMPONENT FRESNEL ANTENNAS

Любомир Камбуrow

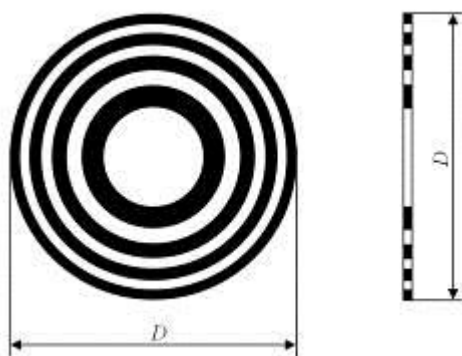
Abstract: The present article presents Fresnel antennas with complicated multicomponent focusing surfaces. A mathematical model for measurement and analyzing of this antennas construction was suggested. The article presents also numerical experimental analyzes with electromagnetic simulation software toolware FEKO.

Key words: Fresnel zones, zone plate lenses and antennas, multicomponent focusing systems

Въведение

Миниатюризацията е една от глобалните цели в усъвършенстването на средствата за комуникация. В областта на антените този процес среща принципни ограничения. Едно приемливо решение на проблема е съвместяването на антената с физическите очертания на обекта. Този подход може да доведе до положителни резултати, ако в качеството на фокусиращи елементи се използват нетрадиционни елементи регулиращи фазата на електромагнитното поле.

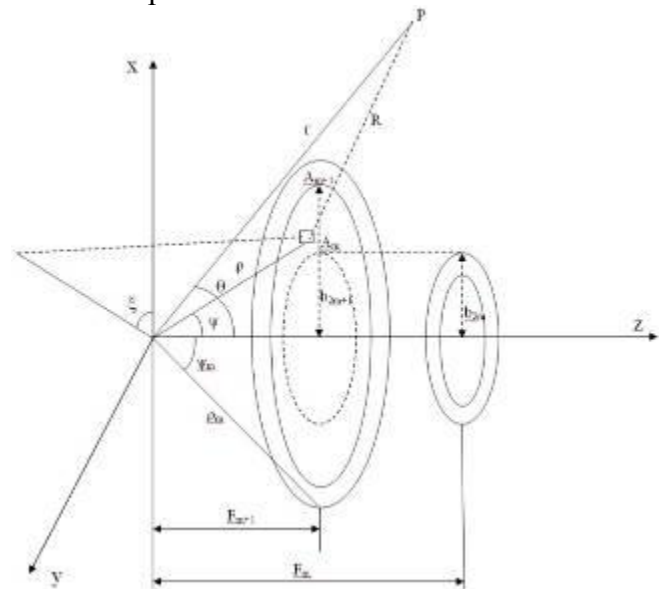
Френелови антени (ФА) се наричат антените [1], използващи фокусиращите свойства на зониранията пластинка на Френел (фиг. 1). За разлика от класическите антени, положението на фокуса на френеловите лещи може да бъде избрано с голяма степен на свобода, защото е слабо свързано с геометрията на фокусиращата повърхност. Тази свобода позволява съвместяването на фокусите на няколко френелови лещи с различно пространствено разположение и различна форма [2], което е принципно невъзможно за повечето апертурни антени. Следователно възможно е създаването и приложението на обемни конформни ФА.



Фиг. 1 Зонирана пластинка с диаметър D

Конфигурация на антената

Конфигурация на съставна ФА състояща се от два непропускащи пръстена е представена на фиг. 2. Облъчвателят е разположен във фокуса на съставната зонирания фокусираща система, в началото на координатна система X, Y, Z . Непропускащите пръстени са разположени съответно на две различни плоски повърхности на разстояния F_m и F_{m+1} от облъчвателя. Фактически излъчващата апертура на фокусиращата система представлява отворените пространства между непропускащите пръстени. Тези отворени пространства мога да се разглеждат и като незасенчените участъци (плоски пръстени) върху плоските повърхности за падащата е.м. вълна по оста на антената. За плоскостта на разстояние F_{m+1} границите на отворения пръстен минават през точките A_m и A_{m+1} .



Фиг. 2 Геометрия на съставна френелова антена

Методика за оразмеряването на фокусираща система разположена на една плоска повърхност и математичен модел за определяне на полето в далечната зона са предложени в [3]. За да се приложи дадената методика към съставна ФА с пръстени разположени на различни плоски повърхности, използваните координатни системи са избрани с общо начало [4]. Елементарната повърхност върху излъчващата апертура се определя в координатната система (ρ, ψ, ξ) , а точка в далечната зона в координатната система (r, θ, φ) . На базата на предложената методика са оразмерени и изследвани съставни ФА с 2 и 3 непропускащи пръстена. Работната честота е избрана 10 GHz. Последната отворена френелова зона винаги се разполага в плоскостта съдържаща непропускащ пръстен във френелова зона с най-голям номер. Облъчвателят създава облъчване в края на последната отворена зона с 10 dB по-малко от това в центъра ѝ.

Диапазонът на изменение на разстоянията от облъчвателя до плоскостите на разполагане на непропускащите пръстени (четните зони на Френел) се определя от условията два пръстена разположени в съседни четни зони да не се припокриват по отношение на облъчвателя. Тези условия се изпълняват от следните съотношения:

$$F_m = \frac{2m\lambda + \sqrt{(2m\lambda)^2 + (2m\lambda c)^2}}{2c^2}, \quad \text{където}$$

$$c = \frac{b_{2m+1}}{F_{m+1}} \quad \text{и} \quad (1)$$

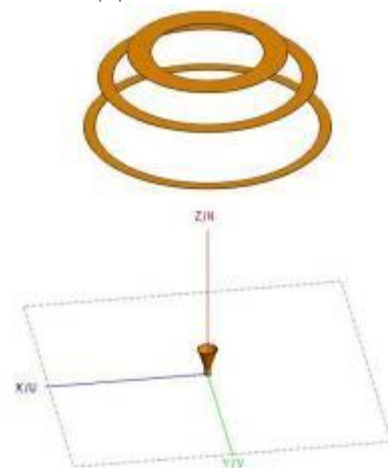
$$F_{m+1} = \frac{(2m+1)\lambda + \sqrt{((2m+1)\lambda)^2 + ((2m+1)\lambda d)^2}}{2d^2}$$

$$d = \frac{b_{2m}}{F_m}, \quad \text{където} \quad (2)$$

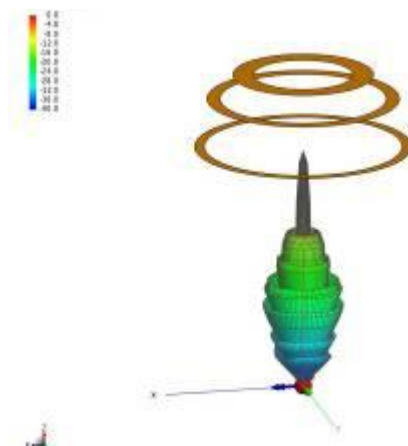
Числени експерименти на съставни френелови антени

Съставна ФА с три непропускащи пръстена, разположени на 3 плоски повърхности, отдалечени на разстояния 1000, 1200 и 1300 mm е показана на фиг. 3. Първият непропускащ пръстен, разположен във

втората френелова зона, се намира на плоска повърхност, отдалечена от облъчвателя на 1300 mm. Вторият непропускащ пръстен (четвърта френелова зона на съответната повърхност), се намира на разстояние 1200 mm. Третият непропускащ пръстен (шеста зона), както и последната отворена седма зона, са разположени на разстояние 1000 mm. При числения анализ във ФЕКО облъчвателят е заменен с източник, диаграмата на насоченост (ДН) на който се въвежда от външен файл, съдържащ резултатите на функция близка до ДН на коничен рупор. Поляризацията му характеристика е зададена както на елемент на Хюйгенс с електрически дипол, успореден на оста X и магнитен дипол, успореден на оста Y . Избраният метод на анализ във ФЕКО е методът на физическата оптика. На фиг. 4 е представена изчислената пространствена ДН..



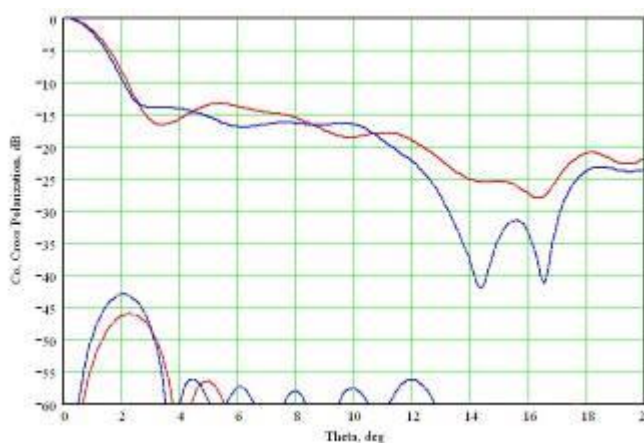
Фиг. 3 Конструкция на съставна ФА с три пръстена



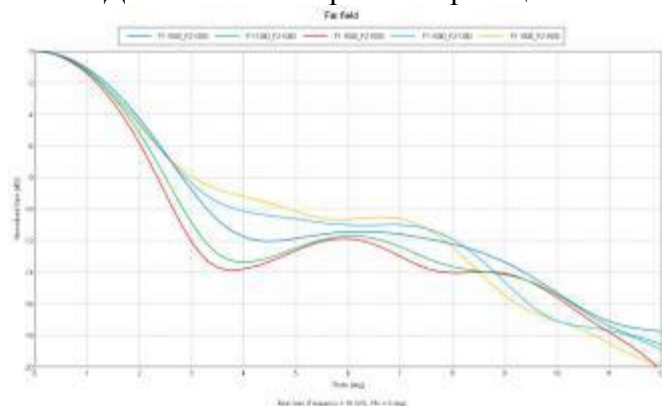
Фиг. 4 Пространствена ДН на съставна ФА с три пръстена

Съпоставка на резултатите за главната поляризация и кросполяризацията от аналитичния модел и числения експеримент са представени на фиг. 5. Изчисленията са направени за ъгъл $\varphi = 45^\circ$, където кросполяризационната съставляща е най-голяма. Вижда се добро съвпадение на аналитичния модел (обозначен със синьо) с резултатите от числения експеримент (обозначен с червено) особено в областта на главния лист на антената.

Направени са числени експерименти при промяна на положението на пръстените спрямо облъчвателя за съставна ФА с два пръстена. Съпоставка е направена между класическа ФА на разполагане на пръстените в една плоскост (на 1000 mm от облъчвателя) и отдалечаване първо само на първия пръстен в плоскости 1300 mm и 1500 mm, а после само на втория в същите плоскости (фиг. 6).



Фиг. 5 ДН за главна и крос-поляризация

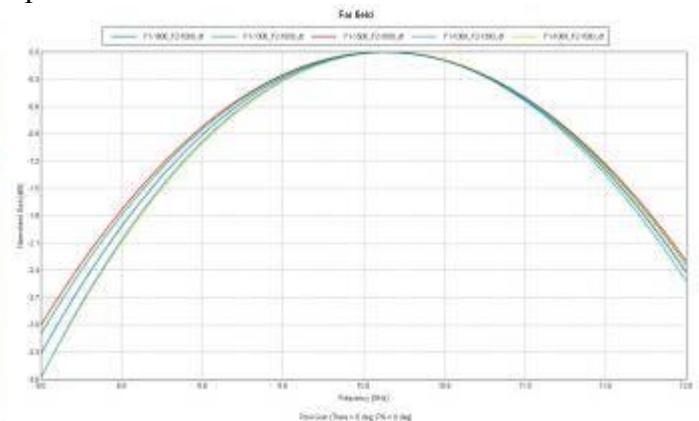


Фиг. 6 ДН за съставни ФА с два пръстена, при промяна на тяхното разположение

Вижда се, че и в двата случая има известно стесняване на ширината на главния лист. Но докато при промяна на положението на

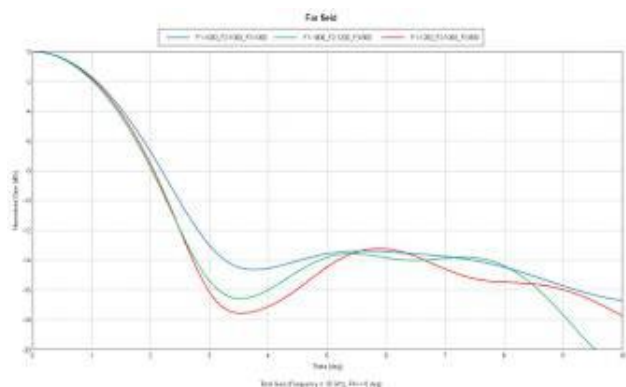
втория пръстен, това стесняване е слабо изразено и е съпроводено с повишаване на нивата на страничните листи и размиване нулите на главния лист, то при промяна на положението на първия пръстен, съществено се намалява широчината на главния лист с едновременно намаляване на нивата на страничните листи. Освен това при отдалечаване на втория пръстен от облъчвателя, за създаване на спадащо с 10 dB в края на апертурата разпределение на полето е необходимо използването на облъчвател с по-голям коефициент на насочено действие.

На фиг. 7 са показани честотните зависимости за разгледаните по-горе антенни конструкции. По-ширококолентови се явяват антенните системи, при които първият непрпускащ пръстен се отдалечава от облъчвателя. При отдалечаване на втория пръстен честотната лента се стеснява по сравнение с класическата ФА.



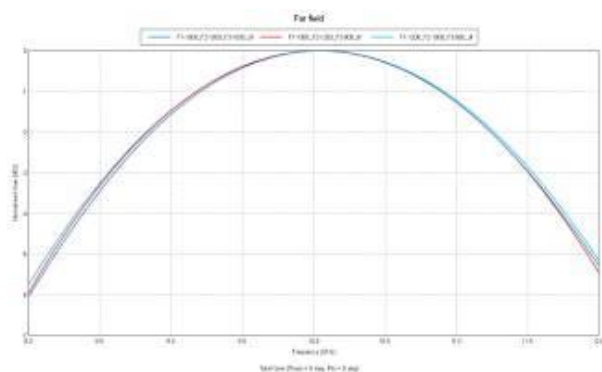
Фиг. 7 Честотни характеристики за съставни ФА с два пръстена, при промяна на тяхното разположение

При съставна ФА с три пръстена, съпоставка е направена с класическа ФА, при която положението на пръстените е в равнина разположена на 1000 mm от облъчвателя и при промяна на разположението и на трите пръстена спрямо тази равнина. В някои от случаите има влошаване на електрическите характеристики на антената, но в някои се получава съществено подобряване. На фиг. 8 са показани варианти на разместване, за които има както стесняване на главния лист на ДН и задълбочаване на нивото на нулево излъчване, така и намаляване нивото на близките странични листи или тяхното отдалечаване от главния лист.



Фиг. 8 ДН за съставни ФА с три пръстена, при промяна на тяхното разположение

Честотните характеристики за тези антенни конструкции са показани на фиг. 9. Въпреки, че са много близки, лентите на пропускане са по-широки от класическата ФА. Като цяло, както би трябвало да се очаква, ФА с три пръстена са по-теснолентови от ФА с два пръстена.



Фиг. 9 Честотни характеристики за съставни ФА с три пръстена, при промяна на тяхното разположение

На фиг. 10 са показани фокусиращите системи на изследваните съставни ФА с три пръстена.



Фиг. 10 Конструкции на съставни ФА с три пръстена с различно положение на пръстените

Заклучение

Получените резултати показват, че промяната на положението на зоните води до промяна (подобряване) на електрическите характеристики на антените. По този начин могат да бъдат конструирани конформни обемни френелови антени. Също така различното пространствено разположение на непропускащите пръстени дава възможност за получаване на необходимите антенни характеристики. Получените резултати дават възможност да се приеме валидността на модела.

Благодарност: Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени по проект НП7/2016г. в рамките на присъщата на ТУ-Варна научноизследователска дейност, финансирана целево от държавния бюджет.

Литература

1. Hristo D. Hristov, “Fresnel Zones in Wireless Links, Zone Plate Lenses and Antennas”, Artech House, Boston, London, 2000
2. Hristov H.D., L.P. Kamburov and R. Feick. Microwave Antenna with Compound Fresnel Zone-Plate Lens Conformal to Truncated Conical Dome. Proc. of 4th European Workshop on Conformal Antennas (EWCA-05), May 23-24, 2005, Stockholm, Sweden, pp. 113-116
3. L. Leyten, “Fresnel Zone Plate Antenna Versus Parabolic Reflector Antenna”, Eindhoven University of Technology, Faculty of Electrical Engineering, Telecommunications Division Report, April 1991
4. L.P.Kamburov, Jose Rodriguez, J.R.Urumov and H.D.Hristov. Millimeter-Wave Conical Fresnel Zone Lens of Flat Dielectric Rings. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol.:62, No:4, April 2014, pp. 2140-2148. ISSN: 0018-926X

За контакти:

9010 Варна,
ул. “Студентска” № 1,
Технически университет – Варна
гл.ас. д-р инж. Любомир Камбуров
e-mail: lkamburov@mail.bg,

ДИФРАКЦИОННИ АНТЕНИ ОТ ФРЕНЕЛОВ ТИП DIFFRACTION FRESNEL ANTENNAS

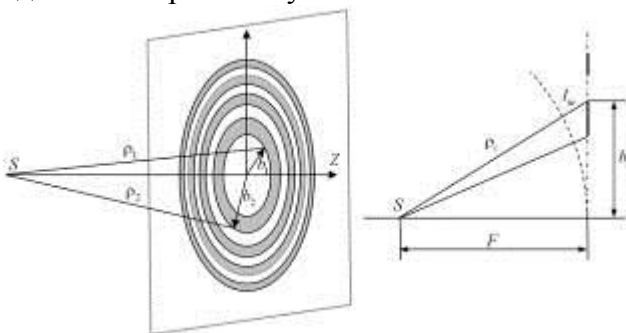
Любомир Петров Камбуров

Abstract: The present article presents a new approach in design of antenna focusing system in a form of zone plate. Numerical experimental analyzes with electromagnetic simulation software toolware FEKO. A comparison of results is given between numerical experiment en analytic model of antenna construction.

Key words: diffraction antennas, Fresnel zones, zone plate lenses and antennas

Въведение

Интересът към приложението на френеловите антени (ФА) в комуникациите, се засилва в последните години. Зонирани пластини с френелови зони [1] се използват за създаването на разнообразни типове френелови лещи: фазокоригиращи, френелови лещи с елиптични зони, антенни решетки и др. Зонирана пластинка (фиг. 1) фокусира подобно на събирателна леща, но не пренасочва електромагнитното поле, а отстранява тези части от вълновия фронт, които имат деструктивен ефект в точката на приемане, т.е. работи на принципа на интерференцията, а не чрез рефракция. Точката на приемане по аналогия също се нарича фокус, но за разлика от лещите зонираната пластинка има няколко фокуса. Френеловите зони и устройства, построени на принципа им, намират много приложения в радиоинженерните науки.

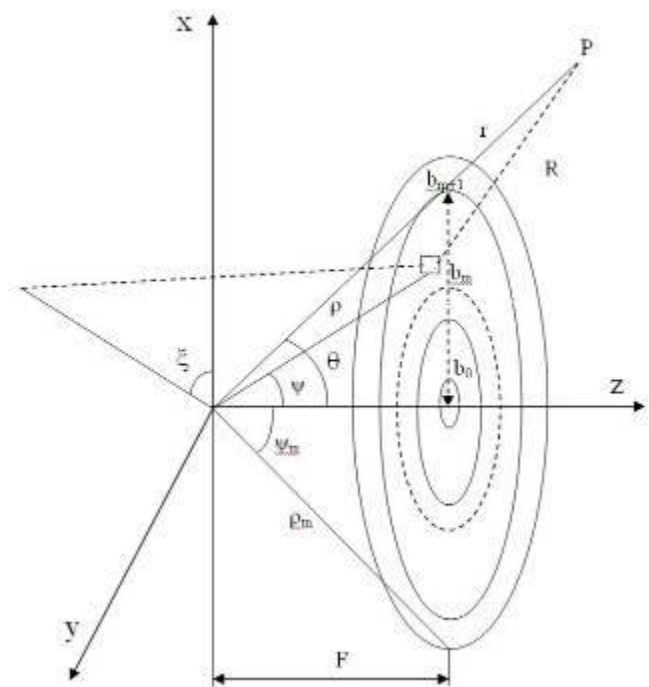


Фиг. 1. Геометрия на зонирана пластинка

Конфигурация на антена с референтна зона

Конфигурация на дифракционна антена от френелов тип, състояща се от два непропускащи пръстена е представена на фиг. 2. Облъчвателят е разположен във фокуса на зонираната фокусираща система, в началото на координатна система x, y, z .

Елементарната повърхност върху излъчващата апертура се определя в координатната система (ρ, ψ, ξ) , а точка в далечната зона в координатната система (r, θ, ϕ) . Методика за оразмеряването на фокусираща система разположена на плоска повърхност и математичен модел за определяне на полето в далечната зона са предложени в [2]. В математичния модел използван при анализа, координатната система описваща полето в далечната зона е избрана с начало точката на разполагане на облъчвателя (фазовия център на антената) [3].



Фиг. 2 Геометрия на съставна френелова антена

При класическата ФА първата зона обикновено е пропускаща, а радиусът $b_0 = 0$ ($\rho_0 = F$) и фазата на полето в центъра на първата зона се приема за 0° . Границите на френеловите зони се определят от условието разликата в пътя на вълните l_m (фиг. 1) между фокусното разстояние F и разстоянието от края на m -тата зона до фокуса ρ_m да е $m\lambda/2$. Радиусите на френеловите зони се определят от геометрични съображения чрез израза:

$$b_m = \sqrt{Fm\lambda + \left(\frac{m\lambda}{2}\right)^2} \quad (1)$$

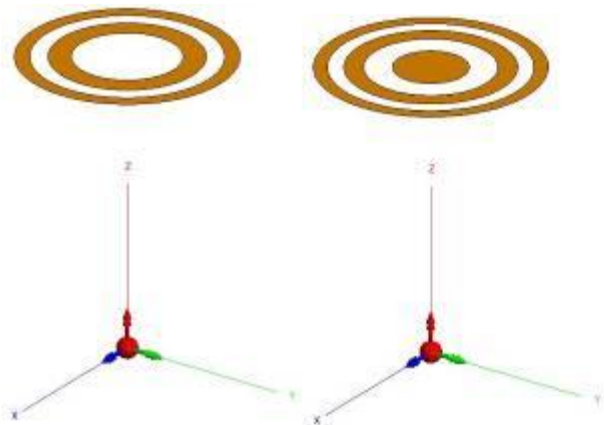
Различно от посоченото фазово разпределение в излъчващата апертура може да се получи, ако $b_0 \neq 0$ ($\rho_0 \neq F$) [4]. Това е еквивалентно на наличието на непропускаща зона (област) в центъра на апертурата на антената (фиг. 2). Радиусът b_0 на тази област определя така наречената референтна фаза θ_{ref} , която може да бъде в диапазона $0^\circ \div 180^\circ$. При $\theta_{ref} = 0^\circ$ и $\theta_{ref} = 180^\circ$ се получава класическа ФА с пропускащи нечетни или четни зони съответствено. Границите на зоните в които се разполагат непропускащите пръстени за всички други случаи не съвпадат със зоните на Френел, но се определят също от съображението разликата в пътя на вълните l_m между ρ_0 и разстоянието от края на m -тата зона до фокуса ρ_m да е $m\lambda/2$. Радиусите на зоните се определят в този случай от израза [4]:

$$b_m(\theta_{ref}) = \sqrt{2F\left(\frac{m\lambda}{2} + \frac{\lambda\theta_{ref}}{360}\right) + \left(\frac{m\lambda}{2} + \frac{\lambda\theta_{ref}}{360}\right)^2} \quad (2)$$

На базата на предложената методика са оразмерени и изследвани антенни конструкции с различна референтна фаза с 2 непропускащи пръстена. Работната честота е избрана 10 GHz. Фокусното разстояние е 1000 mm. Последната зона е отворена. Облъчвателят създава облъчване в края на апертурата с 10 dB по-малко от това в центъра й.

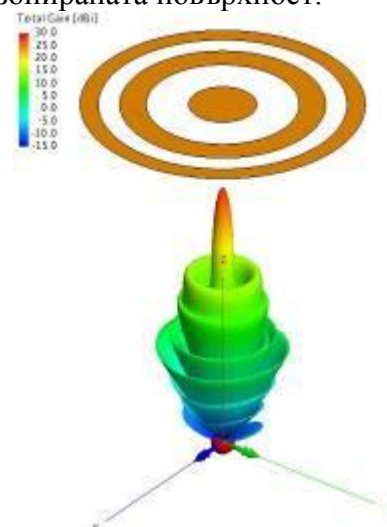
Числени експерименти на френелови антени с референтна фаза

На фиг. 3 са показани конструкциите на класическа ФА ($\theta_{ref} = 0^\circ$) и с референтна фаза 45° . При числения анализ във ФЕКО облъчвателят е заменен с източник, диаграмата на насоченост (ДН) на който се въвежда от външен файл, съдържащ резултатите на функция близка до ДН на коничен рупор. Поляризацията му характеристика е зададена както на елемент на Хюйгенс с електрически дипол, успореден на оста X и магнитен дипол, успореден на оста Y . Избраният метод на анализ във ФЕКО е методът на физическата оптика.

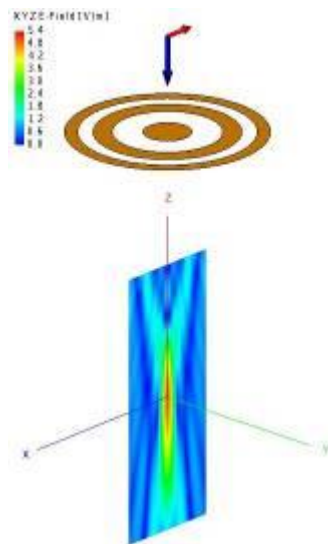


Фиг. 3 Конструкции на класическа ФА и с референтна фаза 45°

На фиг. 4 е представена изчислената пространствена ДН при референтна фаза 45° . На фиг. 5 е показано фокусиращото действие на така зониранията повърхност.

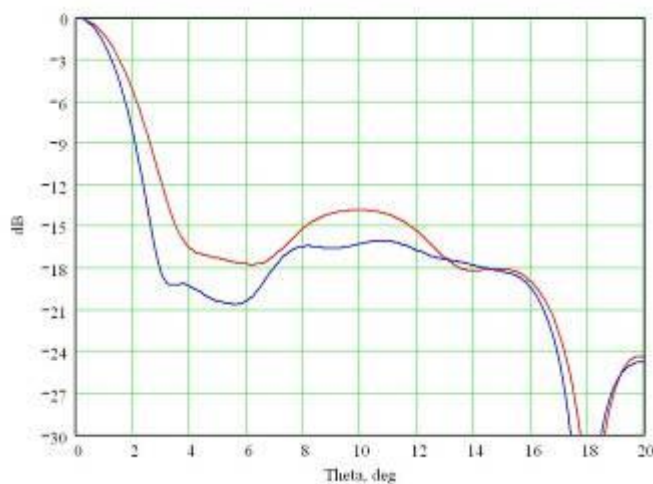


Фиг. 4 ДН при референтна фаза 45°



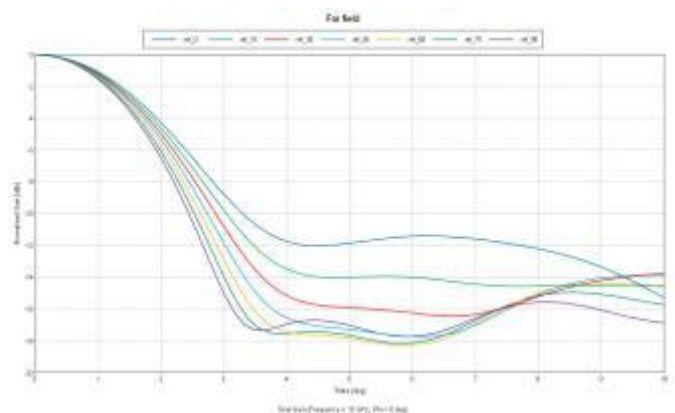
Фиг. 5 Фокусиращото действие

Съпоставка на резултатите за главната поляризация от аналитичния модел и числения експеримент са представени на фиг. 6. Изчисленията са направени при референтна фаза 45° . Аналитичният модел е обозначен със синьо, а резултатите от числения експеримент с червено.

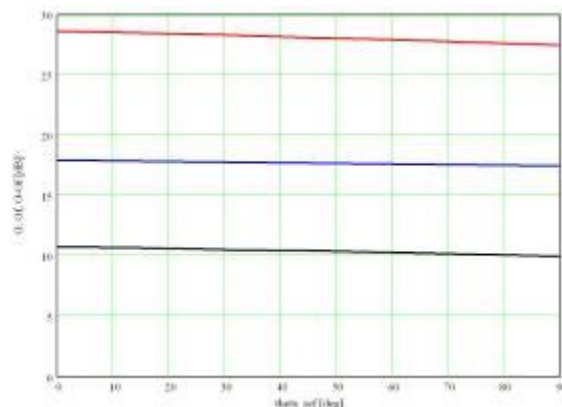
Фиг. 6 ДН при референтна фаза 45°

На фиг. 7 са показани нормираните ДН за антени с промяна на референтната фаза от 0° до 90° през до 15° . Увеличаването на референтната фаза води до намаляване на широчината на главния лист и намаляване на нивото на страничните листи. В същото време има известно спадане на усилването. Това спадане не е толкова съществено (1.2 dB) по сравнение с подобряването на електрическите характеристики на антените. Зависимостта на

коэффициента на усилване G от референтната фаза е показана на фиг. 8 (червената линия). На същата фигура се показана и зависимостта на коэффициента на усилване на облъчвателя G_f от референтната фаза (синята линия), както и добавката към усилването на облъчвателя от фокусиращата система $G - G_f$ (кафявата линия). Тъй като с увеличаването на референтната фаза се увеличава размера на апертурата, то както се вижда и от графиката, се използва по-малко насочен облъчвател.

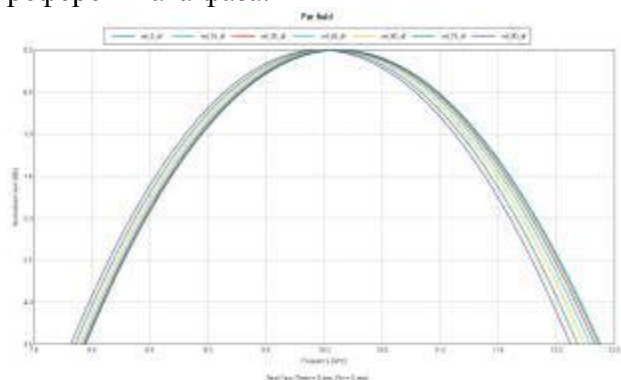


Фиг. 7. Нормирани ДН за антени с промяна на референтната фаза

Фиг. 8 Зависимост на G , G_f и $G - G_f$ от референтната фаза

На фиг. 9 са показани честотните зависимости за разгледаните по-горе антенни конструкции. По-ширококолентови се явяват антенните системи с по-малка референтна фаза, но разликата е несъществена. Вижда се, че има известно изместване на максимумите от честота на проектиране, дължащо се на малкия брой използвани пръстени. Това

изместване намалява с увеличаване на референтната фаза.



ПРЕЦИЗНОТО ЗЕМЕДЕЛИЕ – ОБЛАСТ НА РАЗВИТИЕ В ИЗСЛЕДОВАТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ НА ДТК ГР. ДОБРИЧ

PRECISION AGRICULTURE - FIELD OF DEVELOPMENT RESEARCH OF DTC DOBRICH

Радко Михайлов

Abstract: It is discussed the essence of the concept of "precision agriculture". An overview is made of the stages and how to implement this approach in modern agriculture. It has been demonstrated achievements in this field of study: engineering projects, dissertations, student work and training documentation. The useful conclusion is formulated for continuing research in the future.

Key words: innovative practice, navigation, irrigation, precision agriculture, sensors, drying,

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Същността на прецизното земеделие се състои в прилагането на единен подход, започвайки с планирането на земеделското производство, обработките на почвата, засяване, третиране не посевите с различни видове химикали за растителна защита, прибиране на реколтата и последваща подготовка на почвата. В основата на този подход е заложен един важен принцип, който може да се изрази като преминаване от „земеделие на усредняването“ към земеделие, при което се отчитат нееднаквостите и различията на всички фактори, които влияят върху качеството и количеството на земеделската продукция, а също така и върху последиците от земеделската дейност за запазване на околната среда от увреждане.

Стартирането на подхода прецизно земеделие преминава през следните стъпки:

- Събиране на информация за същността и съдържанието на прецизното земеделие;
- Събиране и анализ на информация за собственото производство;
- Съставяне на многослойни карти на обработваемите земи;
- Консултиране с други производители в региона успешни и неуспешни в прецизното земеделие.

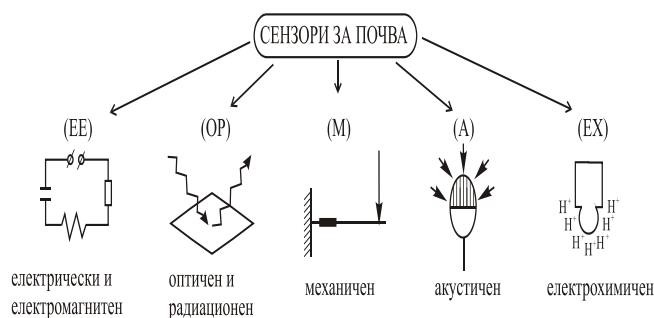
Прилагането на подхода прецизно земеделие включва три етапа:

1. Анализ на данните за собственото производство;
2. Оборудване на техниката със средства за GPS навигация;
3. Събиране на почвени проби за обработваемите земи.

Следва обобщен анализ и картиране на обработваемите земи и разработване на стратегия в каква степен на всеки от етапите трябва да се наблегне.

II. ИЗЛОЖЕНИЕ

Широки възможности за разгръщане на изследователска дейност има в областта на сензорите за почва, като елемент на прецизното земеделие, чийто най-разпространени принципи на действие са дадени на Фигура 1. Базирайки се на това, научно-преподавателският колектив на Добруджански технологичен колеж подготви изследователски договори в областта на прецизното земеделие, финансирани целево от бюджета на университета за присъщата научно-изследователска дейност, които се реализираха в следния ред по години:



Фиг. 1. Принципи на действие на сензори за почва.

„Изследване на състоянието, инструментариума и проблемите на прецизното земеделие в Североизточна България“ - 2012 г.;

„Иновативни практики, свързани със сензориката, логистиката и енергийната

ефективност в условията на прецизното земеделие“ - 2013 г.

„Разширяване приложението в земеделската практика на технологии, техники и съоръжения за прецизно земеделие“ - 2014 г.

„Моделиране и усъвършенстване на технологии и процеси с приложение в прецизното земеделие“ - 2015 г.

„Изследване и моделиране параметрите на почвообработващите и прибиращите машини в условията на прецизно земеделие“ - 2016 г.

Част от резултатите, получени в процеса на разработката на тези договори са включени в следните три дисертации на:

- маг. инж. Красимира Петкова Загорова „Изследване на устойчивото развитие на сдружения за напояване в условия на децентрализация (на примера на област Добрич)“ - 2014 г.
- маг. инж. Владимир Георгиев Демирев „Изследване процеса на нискотемпературно конвективно сушене на царевично зърно“ - 2014 г.
- маг. инж. Свилен Христов Стоянов „Върху някои проблеми на тензометричните измервания при технологични операции със снемане на стружка в машиностроенето“ - 2015 г.

Създаде се учебна програма със съдържание прецизно земеделие, (Фиг. 2.):

УЧЕБНА ПРОГРАМА

Инструменти на прецизното земеделие

Тема	брой часове за лекции	брой часове за упражнения
1. Прецизно земеделие – въведение, същност, преход от класическо към съвременно прецизно земеделие.	2	-
2. Сензори за събиране на информация от обектите на прецизното земеделие.	3	4
3. Методи за обработка на събраната информация за нуждите на прецизното земеделие.	2	3
4. Глобална система за позициониране – общи сведения и принцип на действие (GNSS).	3	2
5. Технически характеристики на GPS, понятие за навигационно съобщение.	3	2
6. Грешки и корекция на грешките в работата на GPS.	2	2
7. Седящи системи, базирани на GPS и GSM технологиите.	2	2
8. Приложение на GPS технологията в прецизното земеделие.	2	4
9. Същност и съдържание на географските информационни системи – GIS.	3	3
10. Използване на технологията GIS в прецизното земеделие. Създаване на многослойни карти за нуждите на прецизното земеделие.	2	4
11. Същност и съдържание на VRT (variable rate technology) технологията.	2	-
12. Специализирани софтуерни приложения за прецизно земеделие	4	4
Общо:	30	30

Фиг. 2 Учебна програма.

Преподавателите от колежа помогнаха на изявени студенти да участват в „Студентска

научна сесия“ с доклади свързани с темата за прецизно земеделие. Ето част от заглавията и авторите:

„Някои сорбционни свойства на царевичата“, Венелин Валентинов, Димитър Георгиев, Иван Божков - 2010 г.;

„Що е прецизно земеделие защо е нужно именно сега?“ Петя Янкова, Данаил Димитров - 2012 г.;

„Производство на биотор от червен калифорнийски червей в Добруджа“, Венелин Георгиев - 2012 г.

«Иновационна практика при изследване на детайли от земеделски машини в прецизното земеделие», Антоанета Петрова - 2013 г.

„Изследване работата на компаратор в състава на двустранен преобразувател на изменението на съпротивлението в период“, Тенур Хасан - 2015 г.

От 2012 г. са въведени теми в дисциплината “Автоматизация и роботизация на процесите в земеделието” за специалности: “Земеделска техника и технологии” ОКС “професионален бакалавър” и “Агрономство” в ОКС “бакалавър”, които имат пряко отношение към същността на прецизното земеделие. Това са:

1. Глобална система за позициониране „NAVSTAR GPS” – Navigation Signal Timing and Ranging global Positioning System”.
2. Грешки при определяне на позицията с GPS.
3. Навигационни системи Галилео и ГЛОНАСС: ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система.
4. Седящи системи, базирани на GPS и GSM технологиите.
5. Прецизно земеделие, базирано на използването на GPS технологията.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ПРЕПОРЪКИ ПО ВЪПРОСИТЕ НА ПРЕЦИЗНОТО ЗЕМЕДЕЛИЕ.

В заключение, прецизното земеделие е широко-обхватна и много важна област от дейности, които задължително трябва да се познават и прилагат в съвременното земеделие. Необходимо е още по-широко навлизане на информационните технологии от вида на географските информационни системи (GIS) за неговото успешно развитие.

Препоръката, която се налага от досегашните изследвания е да се продължи систематична, широко мащабна, обучителна и образователна работа по въпросите на прецизното земеделие. В тази връзка, предстои да бъдат разработени монографии и методични материали във вид на план-тезис за консултиране на търсещите информация и желаещите да се обучат да прилагат прецизно земеделие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демирев, В., Б. Колев, Р. Михайлов, „Специфични особености при моделирането на нискотемпературно сушене на зърно в дебел слой“, „Научни трудове на Русенския университет – 2015, ISSN 1311-3321,;
2. Демирев, В. Г., Василева С.Ж. „Сокращенный метод измерения влажности зерна“, „Современные тенденции развития науки и технологий“, № 9, Часть I, г. Белгород, Русия, ISSN 2413-0869, стр. 126-131, АПНИ, 2015;
3. Загорова, К., «Анализ на икономическите показатели от дейността на организации на земеделски производители –водоползватели в контекста на концепцията за устойчиво развитие, Научна сесия „Майски четения‘2015» на СУБ клон Велико Търново“ май 2015 г, ISSN 1314-2283;
4. Загорова, К., „Развитие на етапите и формите на организирана поливна дейност в България“, „Научни трудове на Русенския университет – 2015, ISSN 1311-3321;
6. Захариев, Св., Ст. Гишин, Д. Димитров, “Една възможност за оптимизиране на заряда на акумулаторна батерия в автономна фотоволтаична система“, сп. „Известия на Съюза на учените-Варна” ISSN 1310-5833, стр. 102-105, 2012;
7. Захариев, Св., В. Демирев, Ст. С. Гишин, Д. Димитров, „Моделиране и изследване на автономни фотоволтаични системи с оптимизиране на зарядния процес“, Годишник на ТУ Варна, том II, Сборник доклади, стр. 64 – 69, 2013;
8. Михайлов, Р., И. Илиев, В. Демирев, „Косачка за бобови култури с два активни ножа“, Заявка за полезен модел в Патентно

ведомство на Република България, вх. № 3137 от 02.11.2015 г.;

9. Михайлов, Р., Д. Томанова, Кр. Загорова, А. Боева, „Прецизно земеделие, същност степен на приложение в Североизточна България, проблеми и потенциални възможности“, Сборник с доклади от трети международен научен конгрес „50 години ТУ Варна“, том VII, стр. 161-166, ISBN 978-954-20-0556-8, 2012;
10. Михайлов, Р., „Приложение на GPS технологията в условията на прецизното земеделие“, Годишник на ТУ Варна, том II, Сборник доклади, стр. 39 – 43, 2013;
11. Панайотов, Л., Р. Михайлов, „Изследване възможностите за измерване на отпадъчната биологична маса при прибиране на зърнено - житни култури“, „Научни трудове на Русенския университет“ - том 54, серия 1.1, стр. 68 – 72, 2015;;
12. Петрова, А., „Иновационна практика при изследване на детайли от земеделски машини в прецизното земеделие“, Студентска научна сесия на ТУ Варна, април, 2013 г.
13. Стоянов, Св. „Изследване на методите за повишаване на метрологичните параметри и характеристики на двустранен честотен тензопреобразувател, ТУ-София, Дни на науката, Електротехнически факултет, VII научна конференция ЕФ2015, 19-21.09.2015, Созопол, ISSN 1311-0829;
14. Стоянов Св., Р. Василев, С. Захариева, «Изследване силовите характеристики на технологични процеси с тензосъпротивителен интегриращ измервателен периодометър по метода на разгъващото право преобразуване, сп., «Машиностроителна техника и технологии», ISSN 1312-0859, стр. 6 – 9, 2015;

За контакт:

доц. д-р Радко Михайлов
директор на ДТК Добрич
към Технически университет- Варна,
e-mail: rmihajlow@abv.bg

СЧЕМАНЕ НА СТАТИЧНАТА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ВИБРОИЗОЛАТОР МОДЕЛ: 24D177 „ДЖЕНЕРАЛ МОТЪРС"

Исмаил Мехмедов

Abstract: The automotive comfort depends by the level of noise and vibrations. Different engines need different mounts with capacity to carry necessary load and to decrease vibrations. With new methodics and actual measurement devices are tested mounts General Motors model: 24D177. Made constructions for fixing Vibroinsulator the machine FU1000.

Key words: vibroinsulator, modeling, stress, deformation, Force

1. Въведение.

В автомобилната индустрия става все по-важно постигането на максимална ефективност при производството на виброизолатори. Едно от условията за успешно присъствие в автомобилния бранш на конкурентния пазар е да се осигури максимален комфорт за водача и пътниците в купето. Това е от голямо значение, както от експлоатационна, така и от икономическа гледна точка. Съкращаването на времето за производство с цел намаляване на разходите често води до използване на кооперирани изделия с определено ниво на компромиси от експлоатационен характер. При това времето за експериментални изследване намалява значително, а това от своя страна нерядко довежда до дефектиране на крайния продукт или на отделно звено [2].

За да се постигне ефективен процес на проектиране и производство на конкретен виброизолатор, е важно да се направи точна оценка на нивото на натоварване, а също така и неговия характер.

За да създадем методика за изследване на виброизолатори, бяха проведени експерименти за определяне силите във виброизолаторите на двигател Perkins Prima [5].

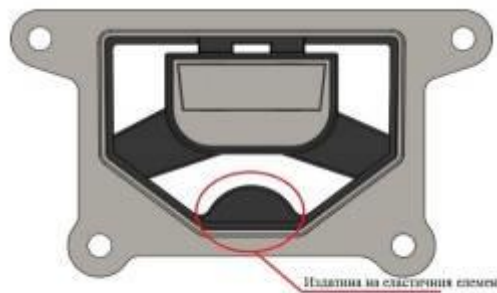
2. Цел и задачи.

Целта на настоящата работа е да се разработи методика за оценка на натоварването, свързана с проектирането на виброизолатори за монтаж на двигатели с вътрешно горене. Важно в методиката е да се моделира такава система, която да позволи отношението, както понасяне на натоварването, така и да гарантира определен работен времеви ресурс на структурата. За тази цел е важно да се определят началните деформации и съответните натоварвания, за

да се конструира по ефективна структура на виброизолатора.

3. Изисквания към виброизолаторите.

Отделните функции предизвикват противоречиви изисквания по отношение на характеристиката на виброизолаторите. Едно от най-важните изисквания е да се определи действащата сила върху виброизолатора. Действащите сили могат да бъдат статични или динамични, а също така различни по осите на координатната система. Същевременно трябва да притежават висока затихваща способност [3]. Освен, че виброизолаторите изолират вибрации и шума от купето на автомобила, те също така отделят задвижващата система колкото е възможно повече от рамата. Обикновено виброизолаторите се проектират така, че да имат участък с линейна характеристика като другите участъци са с нелинейна характеристика. При изработването на по-сложни конструкции може да се варира с характеристиката на виброизолатора. Наличието на издатини (хълмове) на еластичния елемент осигуряват зона при която характеристиката от линейна преминава в нелинейна - такива видове конструкции са изобразени на фигура 1.



Фиг. 1. Изобразяване на виброизолатор с технологична издатина за промяна на характеристиката.

Характеристиката на такъв тип виброизолатор е показана на фигура 2.



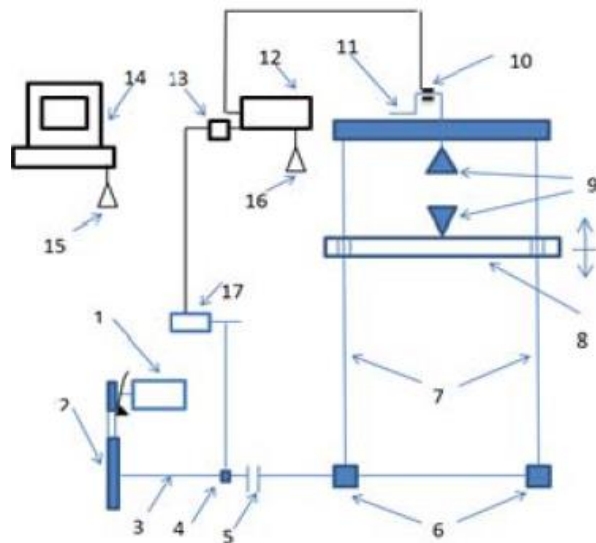
Фиг.2 Характеристика на виброизолатора.

4. Изложение.

За да се изпита виброизолатора при динамични натоварвания е необходимо да се знае неговата статична характеристика. Определяйки статичната характеристика имаме възможност да се натовари виброизолатора с желана сила и с желаната честота. Чрез тези два параметъра може да се изпита и трайността при експлоатация. Определянето на статичната характеристика е извършено на универсална изпитателна машина за провеждане на основните видове изпитания опън, натиск, огъване модел FU1000 в лаборатория по съпротивление на материалите на ТУ-Варна. За целта на експеримента е изработена монтажна конструкция позволяваща да изпитваме на натиск, чрез опъване на виброизолатора. Освен това трябва да има възможност за запис на процеса на изпитване (изменението на натоварването, като функция на деформацията на изпитвания виброизолатор). Задвижването е чрез постояннооток електродвигател с мощност 5 kW, позволяващ промяна на оборотите на двигателя, респективно - скоростта на изпитването. Общият вид на машината за изпитване е показана на фиг.3, а принципната схема с добавените елементи за усъвършенстване на машината - на фиг.4.



Фиг.3 Общ вид на машината.



Фиг.4 Схема на подобрената машина FU1000

Въведени са следните означения:
 1.Електродвигател; 2.Ремъчна предавка; 3.Задвижващ вал; 4.Червячна предавка; 5.Съединител; 6. Червячни предавки; 7. Винтове осъществяващи преместването на подвижната глава; 8.Подвижна глава; 9.Приспособления за закрепване на образца; 10.Тензомост; 11.Еластичен елемент на силоизмерително устройство; 12. Система Vmeter4C; 13. Съпротивления свързани в мостова схема; 14.Компютър; 15. Bluetooth приемник; 16. Bluetooth предавател; 17.Ротационен енкодер.

5. Провеждане на експеримента.

За да се осъществи закрепването на виброизолатора към машината са изработени монтажни планки позволяващи това да стане по начин гарантиращ снемането на характеристиката на виброизолатора. Целта на изработените монтажни планки е да осигурят центричен опън и натиск върху виброизолатора. Идеята на тези конзоли е да осигури на виброизолатора типа натоварване, съответстващ на реалния монтаж в автомобила. Монтажната планка, осигуряваща закрепване към горните челюсти на машината е изобразена на фигура 5. Посредством тази планка виброизолаторът се закрепва по външния си корпус към неподвижната челюст на машината, а в случай на монтаж на автомобил към рамата на автомобила.



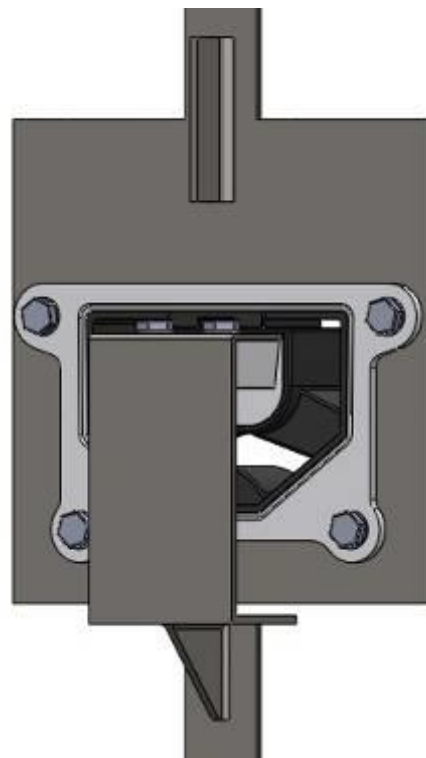
Фиг.5 Планка за монтаж на виброизолатора към стенда.

За закрепването към долната челюст на машината е необходима друга конструкция, която да гарантира правилно натоварване на виброизолатора. Изработената монтажна планка е изобразена на фигура 6. Посредством тази планка се натоварва виброизолатора с помощта на подвижната челюст на машината.



Фиг.6 Закрепваща планка.

Създаденият чрез софтуерния продукт SolidWorks компютърен модел на виброизолатора с монтирани планки за натоварване е показан на фиг. 6.

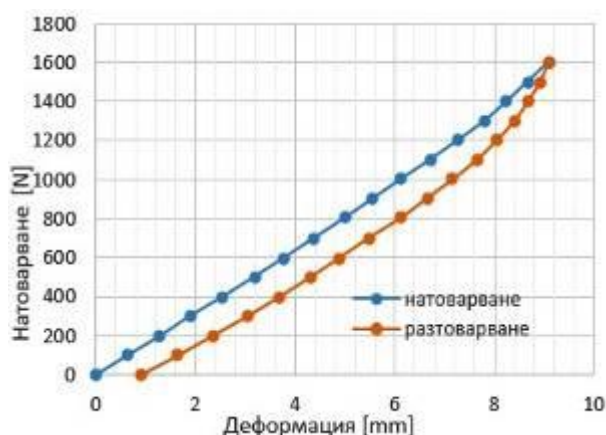


Фиг.6 модел на Solid Works

Преди да започне отчитането на резултатите всички хлабини се обират, за да се намали възможността при малки стойности да имаме големи отклонения от действителните стойности. Отчитането на резултатите се извършва със софтуерния продукт на LabView. С помощта на LabView се определя силата, с която се натоварва виброизолатора, а чрез лазерна измерителна система се отчитат резултатите от деформацията на еластичния елемент (в случая гума). Също така има и възможност за следене на деформацията с индикаторен часовник. Експериментално получените резултати са показани в таблица 1. Получените резултати са илюстрирани на фиг. 7 и показват наличие на линейна и нелинейна зона в характеристиката, като нелинейната част се дължи на технологичната издатина, а от там и на по-голямата статична коравина. Това дава основание да търсим варианти за промяна на характеристиката в желана посока като се добавят други неметални елементи в конструкцията на еластичната издатина на виброизолатора.

Таблица 1.

F[N]	Деформация (натоварване)[N]	Деформация (разтоварване)[N]
0	0	0,9
100	0,63	1,65
200	1,29	2,34
300	1,88	3,04
400	2,54	3,69
500	3,17	4,31
600	3,78	4,9
700	4,38	5,48
800	4,98	6,11
900	5,55	6,64
1000	6,12	7,17
1100	6,71	7,66
1200	7,27	8,06
1300	7,81	8,42
1400	8,25	8,69
1500	8,68	8,93
1600	9,09	9,09



Фиг. 7. Статична характеристика

6. Изводи.

- Виброизолаторите могат да се конструират, така че да могат да работят, както в линейната, така и в нелинейната зона на характеристиката.
- Чрез съответни формоизменения от типа на технологичната издантина има възможност да се променя характеристиката на виброизолатора и по този начин да се намали натоварването в основните работни зони на еластичния елемент.
- При промяна на коравината на еластичния елемент следва да се контролира изменението на коефициента на демпфиране, за да се запазят или подобрят експлоатационните показатели на виброизолатора.

7. Използвана литература.

1. W. B. Shangguan, Engine mounts and power train mounting systems: a review, Journal of Vehicle Design, 49 (4) (2009).
2. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:701153/FULLTEXT01.pdf>.
3. http://resonance.uwaterloo.ca/p/alumni/thesis/r_madjlesi_T.pdf.
4. Ангелов И.В. Виброизолатори. Каталог конструкции и характеристики. София, ТУ, 1993, 143 с.
5. Христов ХР., Мехмедов И. Определяне на натоварването във виброизолатор Perkins Prima 65
6. Yanakieva-Bankova Aleksandrina, Construction of graphics set by surfaces cut with parallel planes or point coordinates of nodes //Quarterly Journal of Mechanics and Applied Mathematics, "Oxford University Press", 2016, Vol. 69, Num. 4/ ISSN 0033-5614.
7. Банкова А., Жечева Г., Приложение на тримерното моделиране при проектиране на изделие в CAD среда, //Заклучителна конференция „Науката в служба на обществото” – Известия на съюза на учените - Варна, 1’2016/

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1
Технически университет -Варна
инж. Исмаил Мехмедов,
e-mail: injittt@abv.bg

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕЛАСТИЧНИТЕ СВОЙСТВА НА МЕСИНГОВА СПЛАВ (C27450), ИЗПОЛЗВАНА ЗА ИЗРАБОТКА НА ЮБИЛЕЙНИ МЕДАЛИ

STUDY OF THE ELASTIC PROPERTIES OF BRASS ALLOYS (C 27450) USED FOR THE PRODUCTION OF COMMEMORATIVE MEDALS

Диян М. Димитров, Диана П. Петрова

Abstract: In this report we present the results of pulse resonance analysis, studied chemical composition of commemorative medals research volume, density, diameter and thickness of the medals. We will try to find a link between the graph of medals and influence acoustic properties and have an impact annealing acoustic characteristics. Studies were made destructive device "Bruker S1 Sorter".

Keyword: product analysis, elastic properties, roentgen analysis, commemorative medals, brass

1. Въведение

Началото на нашата цивилизация датира от каменно-медната епоха, когато човек за първи път се докосва до метал, който добива, обработва и използва. По нашите земи са открити културни паметници, чийто брой, ни нарежда на трето място в Европа. Проучванията на тези паметници, изработени от месингови сплави е изключително ограничено. Причините за това са невъзможността да се използват достиженията на съвременни археометрични средства, а и факта, че е недопустимо нарушаване цялостта на предметите. Затова се търсят неdestructивни методи за изследване. За популяризацията на тези културни паметници, се изработват сувенирни месингови медали.

2. Експериментална част

2.1. Изследвани материали

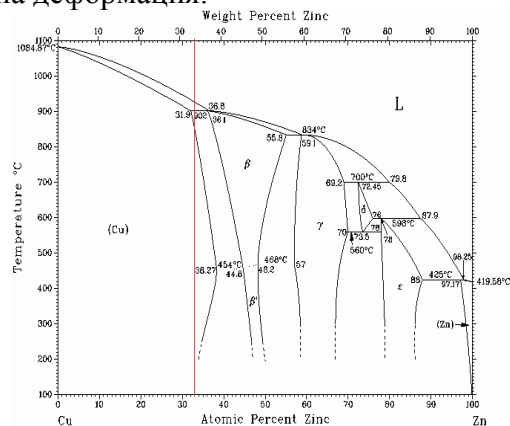
Изследвани са дванайсен сувенирни медали, (фиг. 2.1.), всеки един от тях с изображение на културно-исторически обект в България. Сплавта, от която са направени, по експериментални данни, е месинг - около 63% Cu и 37% Zn (златиста на цвят). Според българският стандарт, месингът е Мс 62, а според Американският стандарт C27450 – YLW – BrS.



Фиг. 2.1.

Причината за използването на този вид месинг е високата му изнosoустойчивост, ниска цена, висока якост на опън и висока точна на топене - около 900° C (фиг. 2.2.). Месинг, с до 39% Zn, при стайна температура е еднофазен (α - твърд разтвор) и има висока пластичност и якост. При 920° C, започва кристализаци на месинг C27450.

Еднофазният месинг лесно се поддава на студена и гореща пластична деформация. Основен вид термична обработка на месинга е отгряването при 600 - 700° C, което се провежда за подготовка на структурата преди пластична деформация.



Фиг. 2.2.

2.2. Видове изследвания

Юбилейните медали са подложени на няколко вида анализи: рентгенов флуорисцентен спектрален анализ (резултатите са отразени в табл. 2.1.), извършен с преносим спектрометър „Bruker S1 Sorter“ – специализиран за определяне елементното съдържание на метални сплави, който представлява портативен анализатор с рентгенова тръба (фиг. 2.3.), измерване на тегло, осъществено със стандартна

електронна везна, измерване на диаметър, с помощта на шублер, измерване на дебелината, с помощта на дебеломер, измерване на обем и плътност. На един от медалите, номер 5 (с изображение Калиакра), е премахнат релефът, отгрят е в пещ, при температура 300°С, за 1,5-2 часа и е оставен да изстине в нея. Всичко това е направено с цел да се установи дали релефът оказва влияние върху еластичните параметри, които ще се получат при импулсно резонансен метод (резултатите са отразени в табл. 2.2, където медалът с премахнат релеф е в червено).



Фиг. 2.3.

Табл. 2.1. Резултати от Рентгенов флуорисцентен спектрален анализ

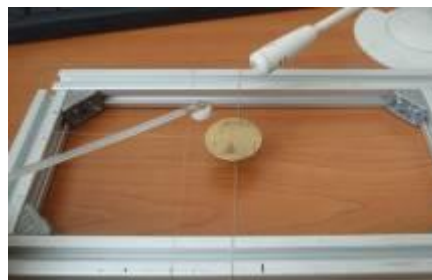
№	Монета	Cu %	Zn %	Ni %
1	45 г. Албена	62,9	37,1	-
		62,9	37,00	0,11
2	Панагюрско съкровище	63,10	36,8	0,13
		62,6	37,3	0,12
3	Великомъченица Кириакя - Неделя	62,4	37,6	-
		62,7	37,3	-
4	Банско	62,9	37,0	0,14
		63,4	36,6	-
5	Несебър	63,1	36,9	-
		62,7	37,1	0,15
6	Калиакра	63,2	36,8	-
		63,0	37,0	-
7	Археологически музей Варна	62,7	37,2	-
		62,9	37,1	-
8	Лозенец	62,9	37,1	-
		62,7	37,2	0,13
9	Аладжа манастир	62,6	37,4	0,09
		62,5	37,4	0,13
10	Второ Българско Царство	62,8	37,1	0,14
		62,9	37,0	0,14
11	Мелник	62,1	36,1	-
		62,6	37,4	-
12	Велико Търново	62,8	37,2	-
		62,8	37,2	-

Табл. 2.2.

№	Монета	Тегло g	Обем cm³	Плътност g/cm³	D мм	Дебелина мм
1	45 г. Албена	13,16	1,61	8,1739	31,92	2,11-2,23
2	Панагюрско съкровище	13,18	1,58	8,3417	31,9	2,18-2,24
3	Великомъченица Кириакя - Неделя	13,19	1,62	8,1419	31,92	2,04-2,19
4	Банско	13,04	1,57	8,3057	31,88	2,01-2,29
5	Несебър	13,16	1,65	7,9757	31,91	2,00-2,03
5	Несебър	12,14	1,48	8,2	1,85	2,00-2,03
6	Калиакра	13,00	1,55	8,3870	31,88	1,94-2,19
7	Археологически музей Варна	13,18	1,65	7,9878	31,84	2,13-2,20
8	Лозенец	13,13	1,63	8,0552	31,84	2,08-2,37
9	Аладжа манастир	13,13	1,63	8,0552	31,9	2,00-2,19
10	Второ Българско Царство	13,16	1,68	7,8333	31,89	2,06-2,28
11	Мелник	13,08	1,63	8,0245	31,88	1,99-2,20
12	Велико Търново	13,17	1,61	8,1801	31,82	2,03-2,20

Изследването на еластичните параметри, на юбилейните медали, е

осъществено на остановка, върху която се закрепва медалът. При импулсно възбуждане, получените вибрации се улавят, безконтактно с микрофон (фиг. 2.4.). Сигналът от микрофона се дигитализира и преобразува в честотен спектър, от където се отчита честотата на съответната форма (табл. 2.3.).



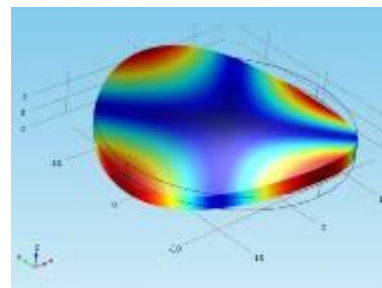
Фиг. 2.4.

Табл. 2.3.

№	Монета	Обем cm³	Плътност g/cm³	f 20 Hz	f 01 Hz	f 30 Hz
1	45 г. Албена	1,61	8,1739	6783,6	12084,5	15226,5
2	Панагюрско съкровище	1,58	8,3417	6837,47	12110,6	15415,2
3	Великомъченица Кириакя - Неделя	1,62	8,1419	6882,83	12315,5	15293,4
4	Банско	1,57	8,3057	6704,23	12041,5	15020,6
5	Несебър	1,65	7,9757	6885,72	12108,6	15418,5
5	Несебър	1,48	8,2	6337,5	11281,5	14367,5
6	Калиакра	1,55	8,3870	6828,42	12272,5	15235,5
7	Археологически музей Варна	1,65	7,9878	6861,56	12167,5	15387,5
8	Лозенец	1,63	8,0552	6775,38	11945,4	15258,5
9	Аладжа манастир	1,63	8,0552	6835,91	12187,5	15357,4
10	Второ Българско Царство	1,68	7,8333	6788,17	12143,5	15151,5
11	Мелник	1,63	8,0245	6750,27	12034,5	15216,4
12	Велико Търново	1,61	8,1801	6882,75	12204,5	15453,5

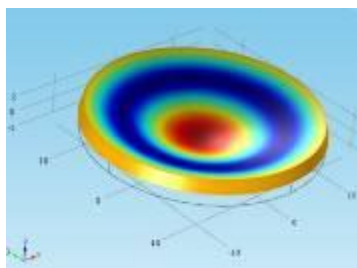
При възбуждане на вибрации, всяко тяло, трепти по различен начин. Трите собствени форми на трептене, на най-ниските честоти, се групират по диаметри или кръгове.

Собствена форма 20 е най-ниската собствена честота. Нодалните точки се групират по два перпендикулярни диаметъра (фиг. 2.5.).



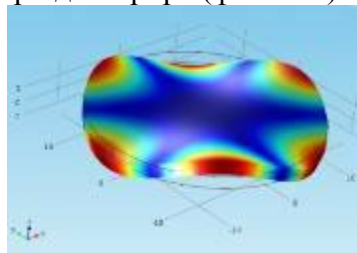
Фиг. 2.5.

Собствена форма 01 е втората собствена честота. Възлите са групирани в един кръг (фиг. 2.6.).



Фиг. 2.6.

Собствена форма 30 е свързана с третата собствена честота. Възлите са групирани по три диатеръра (фиг. 2.7.).



Фиг. 2.7.

3. Резултати и дискусия

За получената сплав, С27450, по литературни данни, модулът на Юнг, модулът на плъзгане и коефициент на Поасон са:
 $E = (0,88-1,37) \cdot 10^{11} \text{ Pa}$
 $G = (3,43-3,63) \cdot 10^{10} \text{ Pa}$
 $\mu = (0,32-0,42)$.

Модул на еластичност по литературни данни за L63, С27450:

$$E = 0,88 \cdot 10^{11} \text{ Pa};$$

Плътност пресметната по правилото на смесите:

$$\rho_{\text{brass}} = \% \text{Cu} \cdot \rho_{\text{Cu}} + \% \text{Zn} \cdot \rho_{\text{Zn}} = 0,63 \cdot 8930 + 0,37 \cdot 7140 = 8267,7 \text{ Pa}$$

Направен е експеримент на един от юбилейните медали - "Калиакра". Заличена е графиката, изследвани са акустичните характеристики, отгрята е при 300°C, изтинала в пеща и отново са измерени акустичните характеристики (табл. 3.1.). Всичко това е направено с цел, да се установи, оказва ли влияние графиката на медала, на акустичните свойства.

Табл. 3.1.

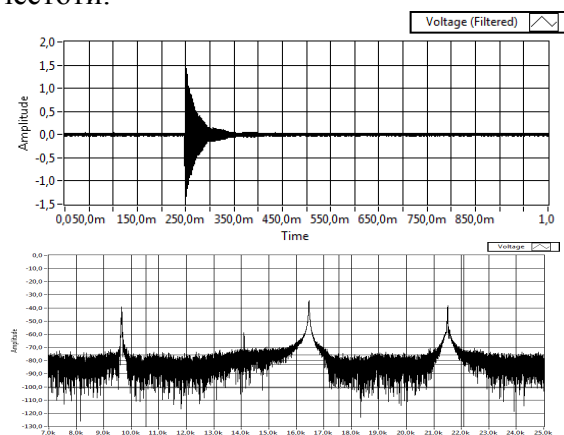
Медал	F1, Hz	F2, Hz	F3, Hz	E, GPa	Poisson
Без релеф	6337	11281	14367	98	0,367
ТО - отгряване	6398	11257	14396		

Получените собствени честоти са показани на фиг. 3.1.



Фиг. 3.1. Получени собствени честоти на изследваните медал

На предния панел (фиг. 3.2.), са изведени графиките на сигнала във времето и честотната област на получените собствени честоти.



Фиг. 3.2.

4. Заключение

Акустичната диагностика е един от най-старите методи за безразрушителен контрол. Всеки предмет си има определени технически характеристики. Ако знаем химическият състав на механична система (в случая медал), при импулсно внасяне на енергия, можем бързо и лесно да определим автентичността на юбилейните медали, наличие на пукнатини и дефекти, отклонение от формата и размерите на системата.

Създадена е база-данни, за месинг С27450.

Експериментално са определени първите три собствени честоти на еднотипни юбилейни медали.

Установи се, че премахването на релефа от юбилейните медали, и последващо отгряване, не оказва влияние на акустичните характеристики.

5. Literature

Dimitrov, D.M., Kristeva, Y., Georgiev G., "Possibility of using natural frequencies for identification of coins'

Kolarov, I., "Opportunities for rapid assessment of the quality parameters of machine elements by acoustic resonance method for non-destructive evaluation of physical and mechanical quantities". Magazine "Acoustics" year XVI, issue 16, 2014 str.3-14 (ISSN1312-4897)

Kolarov, I., Tashev P., Manilov M., "Vibroacoustic study of an equivalent spot of spot welding between truss", Journal "Acoustics" IX, issue 14, 2012, str.54-59 (ISSN1312-4897)

Ramsey, K.A., "Effective Measurements for Structural Dynamics Testing - Part II," Sound and Vibration, Vol 10, No. 4, 1976

Ramsey, K.A., "Effective Measurements for Structural Dynamics Testing - Part I," Sound and Vibration, Vol 9, No. 11, 1975

http://be-ja.org/issues/5/2/Be-JA_5-2_2015-137-161.pdf <http://www.legacy.bg/list>
http://www.legacy.bg/images/Bulgarian_legacy10022015.pdf
<http://www.castingarea.com/education/cu/cu-alloys.htm>

За контакти:

9010 Варна, ул. "Студентска"1
Технически университет -Варна

Диян М. Димитров
e-mail: dimitrov.dijan@gmail.com

Дияна Петрова
e-mail: dpetrova1976@abv.bg

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ДЕФЕКТИТЕ НА ДЕТАЙЛИ, ИЗРАБОТЕНИ ОТ СТОМАНА X40Cr13 СЛЕД ТЕРМИЧНО ОБРАБОТВАНЕ

STUDY OF THE DEFECTS IN DETAILS MADE BY STEEL X40Cr13 AFTER HEAT TREATMENT

Иван Иванов, Мария Арнаудова, Тодор Николов, Димитър Киров,
Станимир Гуджев

Abstract: In this paper are presented the results of research on the microstructure and defects of details of special engineering production. The details are manufactured of stainless steel X40Cr13. Their properties are obtained through heat treatment hardening and tempering. Been found is the presence of non-metallic particles and secondary carbides. Established causes destruction in operation and are given recommendations for improving their production.

Key words: microstructure, stainless steel, heat treatment

1. Въведение

Стомана X40Cr13 и нейните аналози намират широко приложение в машиностроенето, химическата и хранително-вкусовата промишленост, медицината и специализираното военно производство. Изискванията към детайлите, които се изработват от нея са за повишена корозионна устойчивост, износоустойчивост и твърдост. Съществуват множество технологии за повишаване на експлоатационните свойства на детайлите изработени от X40Cr13, като се уякчават локално зоните с най-интензивно натоварване. Въпреки постигнатите положителни резултати при лазерни, плазмени и други повърхностни уякчавания при некачествена предварителна термична обработка могат да настъпят необратими дефекти, които да доведат до разрушаване на детайлите [5,6,7]. В настоящото изследване са представени резултати от изследване на дефекти при термично обработване на детайл тип "разпределител на въздух", предназначен за военната индустрия. Поради тази специфика, не всички получени резултати, могат да бъдат представени графично и аналитично. Целта на изследването е да се определят причините за разрушаването на детайли, изработени от стомана X40Cr13 при експлоатация.

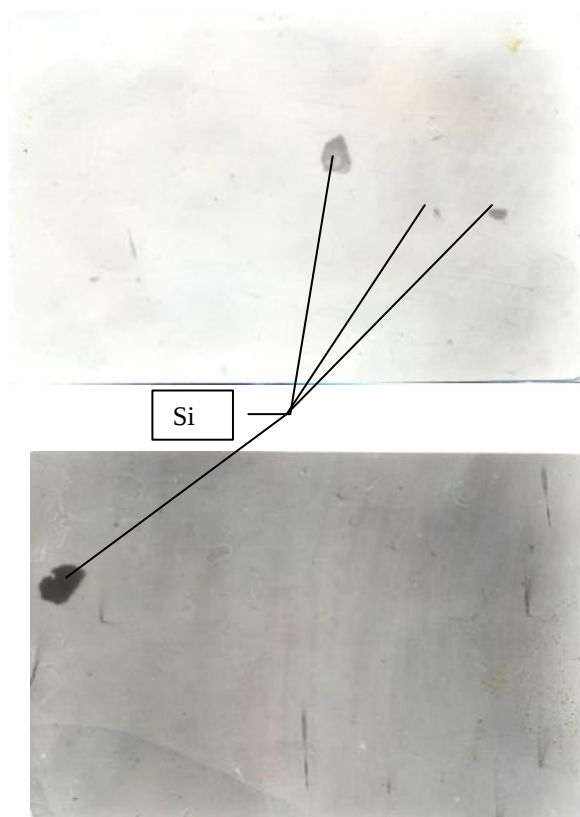
2. Входящи данни и методика на експеримента

От стомана X40Cr13 се изработват разпределители на въздух, които подложени на работно напрежение, се разрушават в определена

зона. Стоманата се доставя валцована, с цилиндричен профил, с химичен състав: C = 0,36 до 0,45%; Si ≤ 0,8%; Mn ≤ 0,8%; S ≤ 0,025%; P ≤ 0,03%; Cr ≤ 12-14%; Ni ≤ 0,6%. От валцованите заготовки се изработват разпределители на въздух на безцентрова шлифовъчна машина. Изработените детайли са подложени на термична обработка за получаване на твърдост HRC 48-56 /HV510-646 и микроструктура по мартензит не повече от бал зърно 6 по БДС EN ISO2624:1997. Термичната обработка се състои в подобряване. Закаляването е извършено при температура 1020-1040°C, при която детайлите се довеждат до аустенитно състояние. Задържането в пещта за изравняване на температурата по сечението на детайлите е 5-7 мин. Охлаждането е извършено във вретенно масло със скорост на охлаждане в температурния интервал 650-550°C - 150°C/s. Не по-късно от 20 мин. е проведено и закаляване със студ при температура -70° до -78°C с цел превръщане и на остатъчния аустенит в мартензит. Времето на задържане се отбелязва след достигане на технологичната температура и допълнително задържане 2 мин. Не по-късно от 30 мин. след закаляването със студ е проведено отвърщане. Отвърщането е извършено в маслена вана при температура 240° - 260°C. Нагряването е проведено в минерално машинно масло в продължение на 2 часа. Металографските изследвания са проведени на микроскоп Neophot - 2 като образците са проявени със следния реактив: CuSO₄ – 2g; HCl – 10ml; H₂SO₄ – 1 ml; H₂O – 10 ml. Балната оценка е извършена по скала дадена в [1].

3. Резултати и дискусия

За да се разкрият причините за разрушението на детайлите при тяхната експлоатация са изследвани пробни образци, които са подложени на термообработка съгласно оптималния технологичен режим и е проведен макро- и микроструктурен металографски анализ.

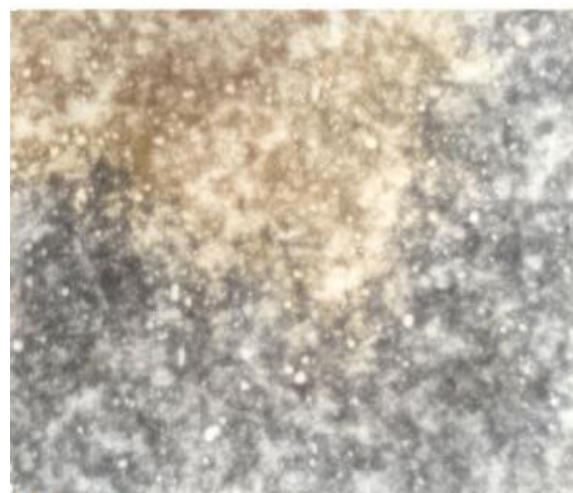


Фиг. 1. Микроструктура на образци от термообработена стомана X40Cr13, x500

Проведеният макроструктурен анализ за детайлите от стомана X40Cr13 показва, че по повърхността на метала, не са наблюдавани дефекти. Поради тази причина е проведен и микроструктурен металографски анализ. При наблюдение на микроструктурата на металографските шлифове е установено, че в структурата им има неметални силициеви включения, оценени по БДС 3326:1975/Изменение 1:1985 с големина на кристалит: бал зърно 3 до 4 - фиг. 1а

Микроразкъсвания върху 8 броя изследвани образци не се наблюдават. Това дава основание да се твърди, че разрушаването не настъпва вследствие на появата на закалчни пукнатини, а

както е известно [3] стоманите от този клас са склонни към образуване на пукнатини при високи скорости на нагряване и охлаждане. Обстойното изследване на микроструктурата показва, че след проведеното термично обработване се формира мартензит и карбиди, като появата на троостит се свързва основно с процеса на отвързване. Мартензитът е дребноиглест с дебелина на иглите от 2 - 4 μm и с големина на кристалите от бал 2 до бал 3.



Фиг. 2. Микроструктура на образци от термообработена стомана X40Cr13 след разяждане на повърхността, x1000



Фиг. 3. Микроструктура на образци от термообработена стомана X40Cr13 след разяждане на повърхността, x500

Разпадането на мартензита при ниско-температурното отвяряне може да се обясни с протичащите процеси на дифузия на въглеродните атоми и преразпределението им в дефектите на кристалната решетка на желязото. Това води до образуване на дисперсни карбиди с промеждутъчен състав [4]. Наблюдаваните дисперсни карбиди, вероятно са получени при термичното обработване на детайла т.к. време-температурните параметри на процеса на закаляване са такива, че настъпва пълно разтваряне на карбидите в аустенита [3,4], а това изключва вероятността, това да са разрушени при пластичната деформация на заготовката вторични карбиди. И все пак белите петна на фиг. 3 вероятно са рзбити вторични карбиди, неуспели да се разтворят напълно в аустенита и останали в структурата след охлаждането. Поради липса на образец от заготовката сравнителен анализ не може да се направи.

4. Заключение

Въз основа на проведения макро- и микроструктурен металографски анализ на шлифове от детайли, изработени от стомана X40Cr13, предназначени за специалното производство могат да се направят следните изводи и препоръки:

- Разрушаването на детайлите се дължи на неметалните силициеви включения, които се появяват след закаляване.
- Големите вторични карбиди намаляват якостта и увеличават крехкостта на детайлите.
- Препоръчва се да се засили входящия контрол на материалите при производство и да се промени режима на термично обработване, с оглед разтваряне на карбидите в аустенита.

5. Литература

- [1]Металографски анализ на стомани и чугуни, Практическо ръководство. Бални скали за оценка на макро- и микроструктурата. ЦМИ, София, 1980г.
- [2]Бернштейн, М.Л., А. Г. Рахштадт, Металловедение и термическая обработка стали.Справочник, т.1. Методы испытаний и исследования, Москва, Металлургия, 1983.
- [3]Коррозионностойкие, жаростойкие и высокопрочные стали сплавы: Справ. Изд./А. П. Шлямнев и др., Москва, Интермет Инжиниринг, 2000 г., стр. 232
- [4] Гринберг Е. М. и др., Влияние скорости охлаждения при закалке на структуру и твердость сталей типа X13 с различным содержанием углерода, Известия Тульского государственного университета. Технические науки, № 3, 2009, 296-306
- [5]Шестакова М. А., Костромин С. В., Лазерная закалка коррозионно-стойкой стали мартенситного класса, MODERN PROBLEMS AND WAYS OF THEIR SOLUTION IN SCIENCE, TRANSPORT, PRODUCTION AND EDUCATION‘ 2015, <http://www.sworld.com.ua/konfer39/296.pdf>
- [6]Белинин, Д.С. Особенности структурообразования при плазменной поверхностной закалке на большую глубину изделий из стали 40X13, Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Т. 14. № 4 (5). 2012. – С. 1202–1205.
- [7]Белинин, Д.С. Плазменная закалка тяжело нагруженных деталей из стали 40X13, Вестник Пермского государственного технического университета, 2011. Т. 13. № 3. – С. 12–18.

За контакти:

Университет „Проф. д-р Асен Златаров”, секция „Машиностроене и транспорт”

гл. ас. д-р инж. Иван Иванов - ivan_h_ivanov@btu.bg

ПРОУЧВАНЕ НА МОРСКИТЕ ОТПАДЪЦИ ПО БРЕГОВАТА ИВИЦА НА НОВ КАНАЛ „ВАРНЕНСКО ЕЗЕРО - ЧЕРНО МОРЕ“

INVESTIGATION OF MARINE LITTER ALONG THE COASTAL LINE OF THE NEW CHANNEL “VARNA LAKE - BLACK SEA”

Велика Янева, Анна Симеонова, Даниела Тонева, Жечка Владимирова,
Радостина Христова

Abstract: The investigation was targeted to marine litter accumulation along the coastal line of the New channel “Varna Lake - Black Sea”, within Asparuhovo region, Varna. The monitoring was conducted in May and June 2016 in compliance with OSPAR Commission guidelines. A predominance of the category: Polymer materials was observed, mainly - cigarette butts and filters, cups, lids, bottles, etc. The main sources of marine litter are recreational activities, especially fishing.

Key words: marine litter, monitoring, New channel Varna Lake - Black Sea

Въведение

През последните години морските отпадъци са признати в световен мащаб, като нововъзникваща заплаха за околната среда, с последици за човешкото здраве [1, 2]. Всяка година огромни количества морски отпадъци попадат по бреговата ивица, морската повърхност и дъно и водят до влошаване качеството на водите и условията на живот на морските биоценози [3].

Морските отпадъци включват материали от различен произход и състав - пластмасови, метални, дървени, гумени, стъклени или хартиени, предназначено и директно изхвърляни в морето, на плажовете или въведени индиректно чрез реките, канализациите, дъждовните колектори, бури, вятър и др. [4, 5].

Предполага се, че около 15% от отпадъците плават по морската повърхност, същото количество са във водния стълб и 70% на морското дъно. Те оказват негативно въздействие върху обширни територии, тъй като са неразградими или периодът им на разграждане е много голям, с преминаване през различни фази, които имат неблагоприятно въздействие върху десетки морски видове. Най-голям е делът на пластмасовите отпадъци, които в някои области достигат до 80% от замърсителите и могат да останат в морската среда за период от около сто години [6, 7, 8, 9, 10].

Основните източници за генерирането на отпадъци по крайбрежието на Черно море, както и в морската околна среда са: Наземно -

базираните източници като общински и регионални съоръжения за отпадъци (депа); Речният отток, включващ - директно или индиректно постъпващи отпадъци чрез реките, вливащи се в Черно море; Земеделието - отпадъци, постъпващи от селското стопанство, включително животновъдство; Крайбрежните промишлени (вкл. корабостроителници) и строителни дейности (вкл. курортно и жилищно строителство); Туризмът и рекреационните дейности в крайбрежна зона; Рибарските селища; Морският транспорт и пристанища; Морските платформи и други морски съоръжения.

Морските отпадъци са един от качествените дескриптори за определяне състоянието на морската околна среда (Дескриптор - 10), регламентиран в Рамковата Директива за Морска Стратегия на ЕС (РДМС), чиято основната цел е „Постигане на добро състояние на морската околна среда до 2020 г.“ [11]. Критериите и методологичните стандарти за постигане на основната цел на РДМС поставят изисквания за оценка характеристиките на отпадъците във всички компоненти на морската околна среда - брегова ивица, морско дъно, воден стълб и водна повърхност [12, 13]. Чрез ефективен мониторинг може да се предостави информация за тенденциите в количеството, натрупването, сезонната динамика, източниците на замърсяване с морски отпадъци, която да подпомогне оценката на

отпадъците в морските води на национално и регионално ниво.

През 2015г. е поставено началото на провеждане на мониторингови кампании за събиране на данни за морските отпадъци по Българското Черноморско крайбрежие за целите на РДМС по проект „Инструменти за оценка на отпадъците, еутрофикацията и шума в морските води (MARLEN), в който участва екип на ТУ- Варна. Чрез реализацията на проекта са предоставени данни за оценка и по - добро планиране на програмите за мониторинг по Дескриптор 10 - Морски отпадъци [14].

Настоящото изследване се явява продължение на мониторинговите кампании за морски отпадъци, проведени до момента, като основната цел е проучване и оценка на характеристиките на отпадъците по бреговата ивица на Нов канал “Варненско езеро - Черно море” - тяхното количество, динамика и потенциални източници за генерирането им.

Материал и методи

Обект на изследване

Обект на изследване в настоящата разработка е бреговата ивица на Нов канал “Варненско езеро - Черно море“, разположен в района на квартал Аспарухово, гр. Варна (фиг.1). Нов канал “Варненско езеро - Черно море“ е избран за да се определи приноса на големите градове (в случая гр. Варна) върху количеството на отпадъците, индиректно внесени в морската околна среда чрез изхвърлянето им по бреговата ивица.



Фиг. 1. Нов канал „Варненско езеро - Черно море“

Географските координати на бреговата ивица, която не е типична плажна ивица са: 43° 11' 33,12" N и 27° 52' 49,77" E и 43° 11' 8,53" N и 27° 53' 24,50" E. Същата представлява насип от ломен камък за бронировка на Нов канал „Варненско езеро - Черно море“. Общата дължина на избрания участък е 1,08 km. В близост до бреговата ивица има изградени детски комплекс и супермаркет, а на около 1 km от ивицата се намира пристанище „Варна - Изток“, което е товарно място за общо 36 кораба.

Методология

Кампаниите за мониторинг на отпадъци по бреговата ивица на Нов канал са проведени през месеци май и юни 2016г. Определен е референтен участък от 1000 m по критерии, заложи в инструкциите за мониторинг на OSPAR комисията [15], от който са избрани 2 секции с размери 100 m дължина/100 m ширина. Секциите обхващат площта между водната линия и задната част на брега. От всяка секция са събрани всички категории отпадъци, разделени са по видове, определен е техният брой и са отбелязани в протоколи за мониторинг. Протоколите съдържат мета данни по отношение на мястото и условията на провеждане на мониторинга, както и списък на категориите отпадъци по вид, брой на предметите от отделните категории и тегло [16]. Използван е списъкът на OSPAR относно категориите отпадъци, като един от най-подробните протоколи в ЕС, доказан и тестван в продължение на 10 години [17].

Резултати и дискусия

Извършеният мониторинг на морски отпадъци по крайбрежната ивица на Нов канал „Варненско езеро - Черно море“ обхваща 8 основни категории, включени в списъка на OSPAR комисията, а именно: Изкуствени полимерни материали; Каучук/гума; Плат/текстил; Хартия/картон; Обработен дървен материал; Метал; Стъкло/керамика и неидентифицирани отпадъци. Резултатите получени по време на проведените кампании през м. май и юни 2016г. показват, че от основните категории морски отпадъци най - много и най - разнообразни по вид са тези с полимерен

произход. В категорията: Полимерни материали са включени 92 вида за мониторинг, според изискванията на OSPAR комисията [18]. От тях са регистрирани 22 вида по време на първата и 12 вида по време на втората кампания (фиг.2, фиг.3). Общият брой на полимерните отпадъци по време на първата кампания са - 220 бр. От тях преобладават: фасове и филтри от цигари - 50 бр.; пластмасови чаши и капачки - 25 бр.; бутилки за пиене - 20 бр.; малки полиестерни торбички - 15 бр.; пластмасов строителен отпадък - 14 бр.; ролки от полиестерни торбички - 10 бр.; съдове за хранителни продукти - 10 бр.; запалки - 10 бр.; пластмасови прибори за хранене и поставки - 8 бр.; въжета с диаметър повече от 1 cm - 7 бр. и канапи и въжета с диаметър по-малък от 1 cm - 7 бр. По време на втората кампания преобладават почти същите видове полимерни материали - общо 260 бр.



Фиг. 2. Характеристика на полимерни отпадъци, Май 2016

1. Фасове и филтри от цигари
2. Пластмасови чаши и капачки
3. Бутилки за пиене $\leq 0,5$ L
4. Малки полиестерни торбички,
5. Пластмасов строителен отпадък
6. Ролка от полиестерни торбички
7. Съдове за хранителни продукти
8. Запалки
9. Пластмасови прибори за хранене и поставки
10. Въже (диаметър повече от 1 cm)
11. Канап и въже (диаметър по-малък от 1 cm)
12. Мрежи и парчета от мрежи
13. Мрежи и парчета от мрежи < 50 cm
14. Мрежи и парчета от мрежи > 50 cm
15. Заплетени мрежи/корда
16. Риболовна корда
17. Обувки/сандали
18. Касетки/щайги/контейнери/кошници
19. Пръчки от близалки
20. Плажни играчки и парти артикули
21. Спринцовки/игли
22. Бутилки и опаковки от козметични продукти

В категорията: Полимерни материали най - големи са количествата на фасовите и филтри от цигари, регистрирани по време и на двете кампании - по 50 бр./месец. Прави впечатление, че по време на първата кампания са установени повече видове полимерни отпадъци, но в по- малки количества. Например пластмасовите чаши и капачки през май са 25 бр., докато през юни са 45 бр.; бутилките за пиене са 20 бр. през май и 30 бр. през юни. По време на първата кампания са установени множество риболовни принадлежности като канапи, въжета, мрежи и риболовни корди, които вероятно са в резултат на любителски риболов в изследвания район.

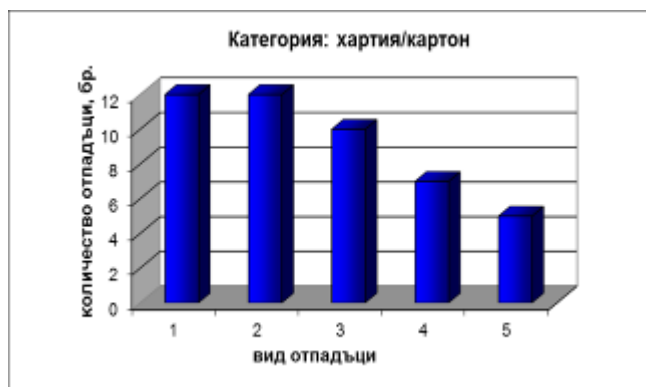


Фиг. 3. Характеристика на полимерни отпадъци, Юни 2016

1. Фасове и филтри от цигари
2. Пластмасови чаши / капачки от напитки
3. Бутилки за пиене > 0.5 L
4. Бутилки за пиене ≤ 0.5 L
5. Целофан от кутии за цигари/пластмасови кутии от цигари
6. Малки полиестерни торбички, вкл. и парчета от тях
7. Пакетчета от чипс/опаковки от бонбони
8. Сламки и бъркалки
9. Парчета пластмаса с размер между 2,5-50 cm
10. Пръчки от близалки
11. Касетки (щайги) и контейнери/кошници
12. Бутилки от плажни козметични продукти

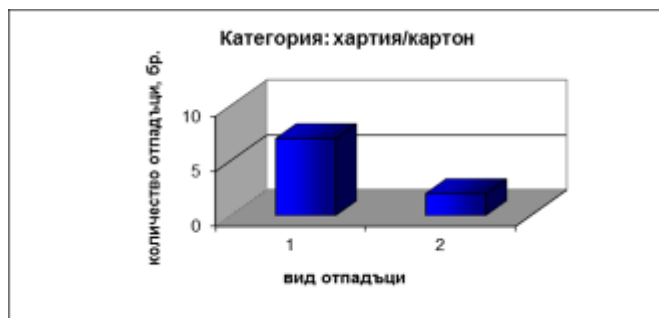
На второ място по количество акумулирани отпадъци по бреговата ивица на Нов канал „Варненско езеро - Черно море“ са категории: Плат/текстил и Хартия/картон. През първата кампания (м. май) преобладават хартиените отпадъци пред текстилните, докато през втората (м. юни) преобладават текстилните. От категорията Хартия/ картон, през м. май са

установени общо - 46 бр. В по - големи количества са следните видове отпадъци: хартиени торби (чанти) - 12 бр.; картонени кутии (и фрагменти/части) - 12 бр.; кутии от цигари - 10 бр.; вестници и списания - 4 бр. (фиг.4). През м. юни са регистрирани само два вида хартиени отпадъци - кутии от цигари - 7 бр. и части от хартия - 2 бр., общо 9 бр. (фиг.5).



Фиг. 4. Характеристика на хартиени отпадъци, Май 2016

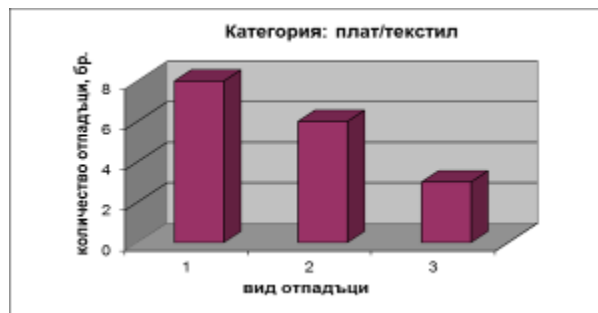
1. Хартиени торби (чанти)
2. Картонени кутии (и фрагменти/части)
3. Кутии от цигари
4. Вестници и списания
5. Други хартиени предмети



Фиг. 5. Характеристика на хартиени отпадъци, Юни 2016

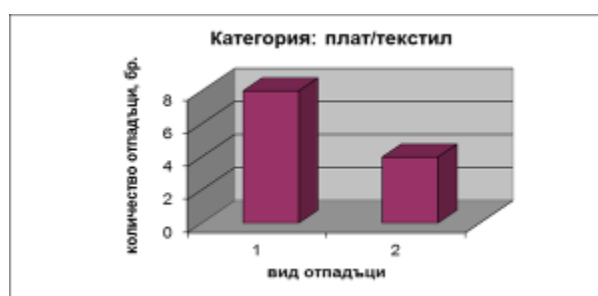
1. Кутии от цигари
2. Части от хартия

Количеството на отпадъците от категория: Плат/текстил по време на двете кампании (общо 29 бр.) са основно от следните видове: раници и чанти - 8 бр.; облекло - 8 бр., въжета, канпаи и мрежи - 6 бр.; обувки и сандали - 4 бр.; други текстилни отпадъци - 3 бр. (фиг. 6, фиг. 7).



Фиг. 6. Характеристика на текстилни отпадъци, Май 2016

1. Раници и чанти
2. Въжета, канап и мрежи
3. Други текстилни отпадъци (вкл. парцали)



Фиг. 7. Характеристика на текстилни отпадъци, Юни 2016

1. Облекло/парцали (дрехи, шапки, кърпи)
2. Обувки и сандали (например кожа, плат)

Трети по количество акумулирани отпадъци по изследваната брегова ивица са категории: Метал и Стъкло/керамика. Количеството и вида на металните отпадъци за месеци май и юни са показани на фигури 8 и 9. Общото количество на отпадъците в тази категория, регистрирани по време на двете кампании са 18 бр. В тази категория преобладават следните видове: капачки от бутилки за напитки - 10 бр.; индустриален скрап - 3 бр.; метални примамки и куки - 2 бр.; метални кутии за напитки-2бр.;прибори за хранене-1 бр.



Фиг. 8. Характеристика на метални отпадъци, Май 2016

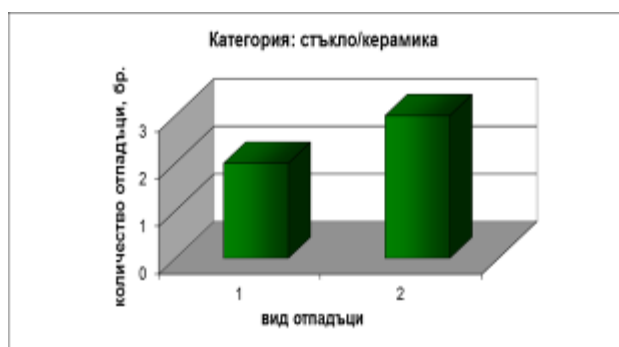
1. Прибори за хранене (чинии, чаши и ножове)
2. Риболов свързани (тежести, метални примамки, примамки, куки)
3. Индустриален скрап (метални части)



Фиг. 9. Характеристика на метални отпадъци, Юни 2016

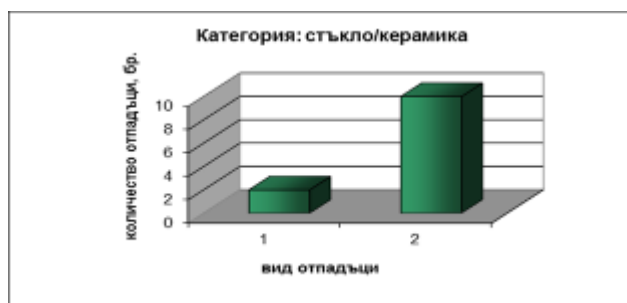
1. Метални кутии от напитки
2. Капачки от бутилки за напитки

В категория: Стъкло/керамика общият брой на регистрираните отпадъци по време на двете кампании е 17 бр., който включва стъклени и керамични фрагменти, други стъклени предмети и бутилки, включително парчета (фиг.10 и 11). Най-голямо е количеството на стъклените предмети, регистрирани през м. юни - 10 бр.



Фиг. 10. Характеристика на силикатни отпадъци, Май 2016

1. Стъклени или керамични фрагменти > 2,5 см
2. Други стъклени предмети



Фиг. 11. Характеристика на силикатни отпадъци, Юни 2016

1. Бутилки, включително парчета
2. Други стъклени предмети

В незначителни количества са отпадъците от категория: Обработен дървен материал, които са регистрирани само по време на кампанията през м. май. Липсват отпадъци от категории: Каучук/гума и Неидентифицирани отпадъци.

Като цяло изследваната бреговата ивица на Нов канал „Варненско езеро - Черно море“ е изключително замърсена с различни по категория и вид отпадъци. Основната причина за генерирането на значителни количества отпадъци е непосредствена близост на изследвания участък до кв. Аспарухово, гр. Варна и използването му почти целогодишно от любители - рибари; за убежище на клошари, малцинствени групи и наркозависими. От всички регистрирани отпадъци преобладават тези с битов характер - цигари, кутии от цигари, бутилки, чаши, дрехи, обувки, риболовни корди и др., което дава основание да се предположи, че основни генератори са хората, ползващи бреговата ивица. Други причини вероятно са високите приливи през студения период, които изхвърлят отпадъци от морето към брега и силните ветрове, които изравят затрупани в пясъка отпадъци или пренасят такива от прилежащите територии. В близост до мониторираната брегова ивица липсват контейнери за отпадъци, което е основателна причина за генерирането на големи количества отпадъци по бреговата ивица.

Корабният трафик и пристанище „Варна - Изток“, разположено на отсрещната страна на Нов канал не са причинители на акумулираните по изследваната ивица отпадъци.

Заклучение

Бреговата ивица на Нов канал „Варненско езеро - Черно море“ се характеризира с висока степен на замърсяване, като преобладават предимно полимерните отпадъци, основно такива свързани с храна и напитки, фасове и филтри от цигари. Категорията и видът на регистрираните отпадъци са тясно свързани с основните източници на замърсяване - рекреационни дейности в бреговата зона, любителски риболов и др.

Проведените кампании за мониторинг на морски отпадъци ще послужат за събиране на

информация относно тенденциите по наблюдавания индикатор 10.1.1. "количество морски отпадъци натрупани на брега" към Дескриптор 10 „Морски отпадъци“ на РДМС и приноса на големите градове, и пристанищните райони. Провеждането на подобни кампании ще осигури натрупването на база данни и ще подпомогне компетентните органи да предприемат действия за определяне на конкретните източници на замърсяване и допълнителни мерки за намаляване на антропогенния натиск.

Литература

1. BSC, 2007. Marine litter in the Black Sea Region: A review of the problem. Black Sea Commission Publications 2007-1, Istanbul, Turkey, pp.160.
2. Crain C., Halpern B., Beck M., Kappel C., 2009. Understanding and Managing Human Threats to the Coastal Marine Environment. Annals of the New York Academy of Sciences, 1162, pp. 39 - 62.
3. Derraik J., 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. Marine Pollution Bulletin, 44, pp. 842 - 852.
4. OSPAR Commission, 2014. Protecting and conserving the North - East Atlantic and its resources. Marine Litters Regional Action Plan 2014, pp.18, www.ospar.org.
5. Topçu E., Tonay A., Dede A., Öztürk A., Öztürk B., 2013. Origin and abundance of marine litter along sandy beaches of the Turkish Western Black Sea Coast. Marine Environmental Research, 85, pp. 21 - 28.
6. Andrady A., 2011. Microplastics in the marine environment. Marine Pollution Bulletin. 62, pp. 1596 - 1605.
7. Charles J., 2008. Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. Environmental Research. 108, 2, pp. 131-139.
8. Gregory M., 2009. Environmental implications of plastic debris in marine settings - entanglement, ingestion, smothering, hangers - on, hitch - hiking and alien invasions. Phil. Trans. R. Soc. B. 364, pp. 2013 - 2025.
9. Barreiros J., Barcelos J., 2001. Plastic ingestion by a leatherback turtle Dermochelys coriacea from the Azores (NE Atlantic). Mar. Pollut. Bull. 42, 11, pp. 1196 - 1197.
10. Copello S., Quintana F., 2003. Marine debris ingestion by Southern Giant Petrels and its potential relationships with fisheries in the Southern Atlantic Ocean. Mar. Pollut. Bull. 46, pp. 1513 - 1515.
11. ЕС, 2008. Directive 2008/56/EC of the European parliament and of the council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). Official Journal of European Union, L 164/1, 25.6.2008, pp. 21.
12. Berga T., Fühauptera K., Teixeira H., Uusitalo L., Zampoukas N., 2015. The Marine Strategy Framework Directive and the ecosystem - based approach - pitfalls and solutions. Mar. Pollut. Bull. 96, 1 - 2, pp. 18 - 28.
13. Borja A., Elliott M., Andersen J., Cardoso A., Carstensen J., Ferreira J., Heiskanen A., Marques J., Neto J., Teixeira H., Uusitalo L., Uyarra M., Zampoukas, N., 2013. Good environmental status of marine ecosystems: what is it and how do we know we have attained it?. Mar. Pollut. Bull. 76, pp. 16 - 27.
14. Симеонова А., 2016. Финален доклад към дейност „Провеждане на мониторингови кампании за събиране на данни за морски отпадъци по брега“ по проект „Инструменти за оценка на отпадъците, еутрофикацията и шума в морските води (MARLEN) Д - 34 - 11/ 31.03.2015, с.26.
15. OSPAR Commission, 2010. OSPAR guideline for monitoring marine litter on the beach in the OSPAR maritime area, Agreement number 2010 - 02, pp. 84.
16. OSPAR Commission, 2010. OSPAR Beach Questionnaire 2010.012, pp. 3, www.environ.ie/en/Publications/Environment/Water/FileDownload,39590,en.pdf.
17. ЕС, JRC, 2013. Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas, pp. 128, <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC83985/lb-na-26113-en-n.pdf>.
18. EEA, 2013. Marine Litter Watch, http://www.eea.europa.eu/themes/coast_sea/marine-litterwatch

За контакти:

доц. д-р инж. Велика Янева
ТУ - Варна, КФ, кат. „ЕООС“
ул. „Студентска“ 1, гр. Варна
е - mail: vianeva@abv.bg;
GSM: +359 878501294
доц. д-р инж. Анна Симеонова
ТУ - Варна, КФ, кат. „ЕООС“
е - mail: annsim@abv.bg;
GSM: +359 888618378

КОНСТРУИРАНЕ НА ГАЛВАНИЧНА ВАНА CONSTRUCTING GALVANIC BATH

Гергана Русева

Abstract: Designed successfully galvanic bath operating under normal conditions. An experiment is confirming the functionality of the galvanic bath. Operations are carried out under the requirements of BS.

Key words: constructing, galvanic bath, covering, protection, electrode, corrosion resistance

I. ВЪВЕДЕНИЕ.

Причините, предизвикващи корозионно разрушаване на металите са многобройни. Голямо значение има обработката на металната повърхност. При обработка на металите с киселина се влошава пластичността на материала и по-специално, той става крехък. За да бъде запазена цялостната структура на материала е наложително на повърхностния слой да има покритие, което да пасивира метала.

Поради тези причини се насочихме към конструирането на електрохимична вана, която създава условия за използването на горещ метод за отлагане на метални покрития.

II. ВИДОВЕ галванични вани. Конструиране.

Същността на електрохимичното покритие се свежда до отлагане на метала върху катода. При този метод може да бъде получен много чист и гладък слой с желана дебелина. Този вид покрития се отличават с дребнозърнест строеж и с добро сцепление с основния метал.

Видовете галванични вани се класифицират по отношение на постигането, на нужните свойства, на желаното покритие. Съществуват няколко вида покрития:

- защитни - прилагани за защита от корозия на части в различни агресивни среди;
- защитно - декоративни - използвани за декоративни облицовки за детайли, едновременно и защита от корозия;
- специални - използвани за подобряване на някои свойства, на повърхността, на детайли -

износоустойчивост, твърдост, електроизолатор, магнитни свойства и др), Този метод позволява - възстановяването на износени детайли или гарантирана защита на основни метали от специални среди (местна защита, азотиране и др).

Изборът на покритие и дебелината му зависи от условията за експлоатация на детайла. В редица случаи, определянето на дебелината на покритието не може да бъде стандартизирано. Пример е защита от корозия в течна среда или агресивни газове, при повишаване на износоустойчивостта на повърхността на метала. Във всеки отделен случай тук трябва да се вземат предвид интензивността на въздействие на корозионната среда, конструктивни характеристики на продукта, срокът и изискванията на експлоатация – породени от технологията на производство.

1. Цел и задачи на изследването.

Конструиране на галванична вана за галванизация на метални материали.

Задачи :

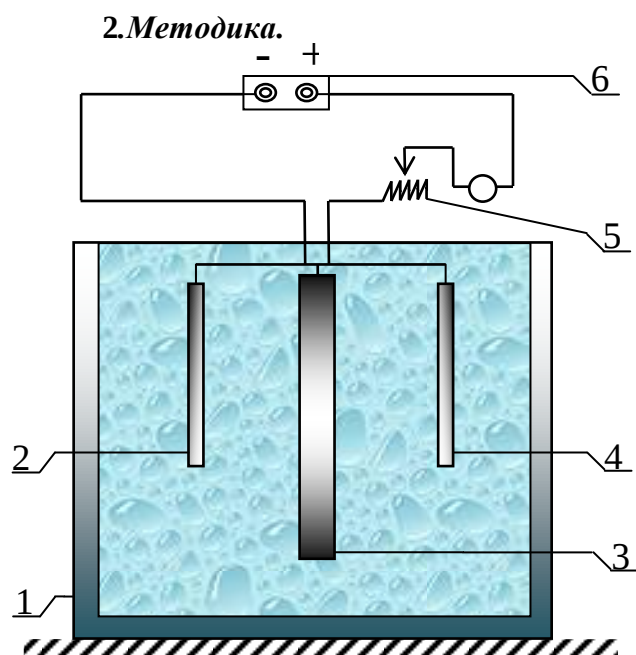
- изчисляване на силата на тока, изхождайки от това, че според типът на нанасяното покритие, токът не трябва да превишава определени стойности:

- изчисленията са върху площ от 100 см² от повърхността, силата на тока трябва да бъде 5А, върху S (площта на пластината), силата на тока е x.

$$x = S \cdot 5 / 100$$

- елементи за конструиране на галванична вана: съд-вана (пластмасов материал), анод и катод (избират се според типът на покритието, което ще се нанася);

- токоизточник – 2V, 3-5A на 1 dm².



Фиг. 1. Схема на галванична вана за отлагане на галванични покрития: 1. Вана; 2. Анод; 3. Изделие (катод); 4. Анод; 5. Реостат; 6. Източник на ток.

А) Методика на конструиране.

За да функционира галваничната вана е нужно да се сглоби установка по схемата (фиг.1.). За катод е използвана желязна пластинка и нанасяното покритието, в случая е помедняване. Направени са медни пластинки с приблизително същите размери като на катода. Поставени са два анода (фиг.1 – 2, 4), за да може да се отложи покритието и от двете страни на пластинката, която ще бъде помеднена. Осъществен е електрохимичен процес, като са създадени условия: електроните могат да се откъснат от единият от участниците в реакцията (пр.-йоните на медта) и по един общ път преминават в другият участък (към йоните на Fe^{+3}). Това е постигнато като е направен контакт между участващите в реакцията две парчета метал, свързани с метален проводник (електроди). Равновесното състояние на електрода се нарушава, когато през неговата повърхност тече ток. Потенциалът на такъв електрод се изменя в зависимост от силата и направлението на външния ток. Когато в галваничен елемент тече ток, анода винаги става по-положителен, а катода по-отрицателен, което води до намаляване на

ЕДН на елемента, равно на разликата между потенциалите им.

Изчислява се силата на тока и се свързва веригата по схемата (фиг.1). Силата на тока не трябва да превишава 3-5А на 1 dm^2 от покриваната пластина.

Нужно е да се отбележи, че колкото по-малко е разстоянието между катода и анода, толкова по-лошо е първичното разпределение на ток. Получава се разликата в дебелината на покритието в различните участъци от повърхността, на детайла.

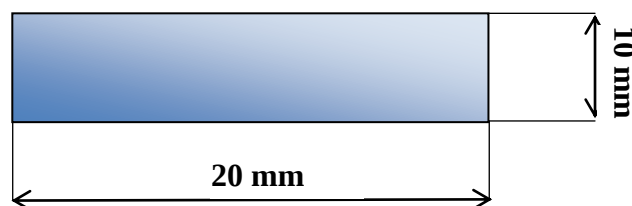
Видът и дебелината на галваничното покритие се избира по стандарт (БДС EN ISO 3543:2006, БДС EN ISO 4519:2016, БДС EN ISO 4540:1996 и пр.).

Б) Експериментална част.

Пробните образците използвани за проверка на функционалността на ваната са изработени от стоманен листов материал с дебелина 0.5mm.

Целта е постигането на декоративно покритие, което да докаже работоспособността на галваничната вана.

Геометричните параметри на изследваните проби са изработени под формата на ленти с размери $l=20\text{mm}$, $b=10\text{mm}$, $\delta=0.5\text{mm}$.



Фиг.2. Принципна схема на образца: $l=20\text{mm}$, $b=10\text{mm}$, $\delta=0.5\text{mm}$.

Конструираната галванична вана функционира нормално. Анодите са поставени от вътрешната част на ваната, преди заливане със специално подготвен разтвор.

Налива се разтворът за помедняване и изделието се подготвя за операцията.

Катодът (изделието) се обезмаслява и почиства на повърхността с 5%-ен, след което се измива със студена вода и подсушава. Подготвената пластина се потапя във ваната и се свързва с отрицателния електрод на източник за постоянен ток.

Големината на токът се контролира посредством реостат, подържат се 3-5А, 2V- по норма.

Желязната пластина е поставена във ваната под протичащият ток за 15 мин. След изключването на източникът, изделието безопасно се изважда. Нанесено е равномерно, медно повърхностно покритие, което е в норми и стандарти.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

1. Винаги, преди изборът на покритие трябва да се вземат предвид: интензивността на въздействие на корозионната среда, конструктивните характеристики на продукта, срокът и изискванията на експлоатация – породени от технологията на производство.
2. Задължително трябва силата на токът да бъде изчислена и съобразена с типът на желаното покритие по БДС.
3. Нужно е да бъдат набавени всички необходими материали за сглобяването на галваничната вана.
4. При конструирането на галваничната вана е доказано нейното правилно функциониране.
5. Направен е успешен опит за помедняване на листов материал – отговарящ на всички изисквания по БДС.
6. Функционалността на галваничната вана позволява за в бъдеще да бъдат извършени друг тип повърхостни покрития с цел подобряване на корозионната устойчивост на материалите.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] STEPAN A. BALEZIN – "From what and how are destroyed metals" - "Technique", 1978
- [2] Rajchev R. – "Corrosion and Protection of Materials" - Publishing New Knowledge, Sofia, 2006
- [3] Yonova D., N. Ruseva "Laboratory experiments in chemistry" issued by TU Varna, 2006
- [4] Applied Electrochemistry, Ed. NT Kudryavtseva, Chemistry, Moscow 1975
- [5] Bankova A., Benchmarking process of creating a drawing with and without using a CAD System, //International scientific symposium "Electrical power Engineering – 2014, Varna, Bulgaria/ ISSN
- [6] Bankova A., Approach to 3D modeling threaded connections in CAD environment , / Proceedings of the Union of Scientists - Varna, Series "Technical Sciences" - 1'2014 / ISSN 1310-5833

За контакти:

Гергана Тодорова Русева,
Докторант при МТФ на ТУ- Варна,
ул. „Студентска” № 1,
e-mail: rusevageri@gmail.com

STUDY RECEIPT OF CAST COMPOSITES WITH MAIN MATRIX CU AND AL AND STRENGTHENING PHASE CARBURIZED IRON POWDER AND Al_2O_3

Пламен Стоянов

Abstract: A study was the preparation of molded metal composites with metal matrix Cu and Al and strengthening phase carburized iron powder (30-100 μm) and Al_2O_3 (100 μm). The present experiments are related to the method of "capillary forming".

Keywords: composite materials, capillary forming, vacuum, strengthening phase

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Композитите притежават едновременно характеристиките на няколко материала и поради тази причина през последните години са предпочитано решение за производителите, дизайнерите и инженерите за производство на висококачествени и устойчиви продукти с уникални свойства, непостигани до този момент. Композитните материали намират все по-широко приложение в различни по своето естество индустрии, като делът им стремително се увеличава в автомобилостроенето, лодкостроенето, самолетостроенето, военната индустрия, производството на ски, както и в продукцията на строителни материали.

II. КОМПОЗИТНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Получаването на композитни материали на метална основа с уякчаваща фаза чрез методите на леене е стъпка към по-широкото промишлено прилагане на нови подходи за производството на структурни и функционални детайли. Използваните технологии целят подобряването на комплекса от свойства, механични показатели и характеристики на метално сплавната матрица.

Някои от предимствата на композитите получени чрез леене:

Висока якост – композитните материали могат да бъдат произведени с цел да имат точна специфична якостна характеристика.

Лекота – композитите са материали, от които могат да бъдат произведени леки детайли, които същевременно да притежават и висока якост.

Гъвкав дизайн – възможност за изработка на детайли с произволни форми и размери, което е трудно или непостижимо с традиционните материали.

Устойчивост – композитните структури имат изключително дълъг живот, като на много места все още се използват композити, вложени в производството през 50-те години на миналия век.

1. Цел и задачи на изследването

Изследвано е получаването на ляти метални композити с метална матрица мед и алуминий и уякчаваща фаза навъглероден железен прах (30-100 μm) и Al_2O_3 (100 μm). Настоящите експерименти са свързани с метода на „капилярно формование“.

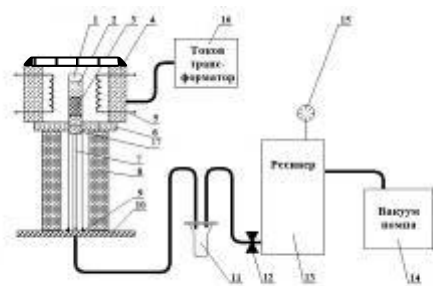
Методът е приложим в леярското производство за изработване на порести леярски форми по модели с ниска якост без опасност от деформиране или разрушаване на моделите. Този метод дава възможност формовъчната смес да не се приготвя предварително, а да се получи в обема, оформен между модела и касата, като първо се насипе суха маса от пясъчни зърна с едрина 0,1 до 0,6 мм и след това се налее свързващото вещество в същия този обем, което има ниво над предварителна насипания сух пясък от 5 до 10 мм. Времето за задържане е критерий, че всички капилярни пространства между пясъчните зърна са запълнени от свързващото вещество и в резултат на предизвикана разлика в наляганията на точно определени нива по височина на запълнения обем се извлича излишното количество свързващо вещество и пори между тях.

При метода отпада необходимостта от предварително приготвяне на формовъчната смес и силното механично въздействие върху нея за уплътняване.

Да се изследва възможността за получаване на композит, като обема предварително се запълни с усилваща фаза и след това металната матрица (стопилката) да се инфилтрира принудително в нея с помощта на вакуумиране на пространството. Процесите протичат при температури около 1000° - 1100° .

2.Методика и провеждане на експериментите

За реализиране на поставената задача е конструирана и построена лабораторна уредба, съществено базирана на уредбата за капилярно формоване.

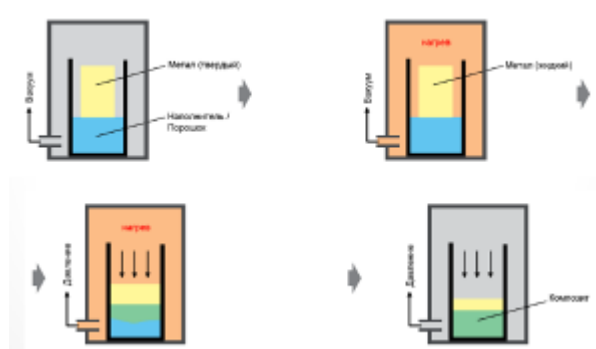


Фиг.1 Принципна схема и състав на лабораторната уредба

Както се вижда от принципната схемата фиг.1 изследвания композит се синтезира в пространството. Над порестия филтър се поставят най - напред уякчаващата фаза 5 във вид на прах както е посочено, а над този обем се поставя металната матрица от мед или алуминий 2, който чрез горелката 4 се стапя и след включване на вакуум системата се инфилтрира доколкото може да се осъществи по изследваната схема във пространството между уякчаващата фаза.

Тъй като имаше проблем със стопяването на алуминиевия прах (Al има свойството да се окислява в голяма степен и образува труднотопими окиси) се наложи да се използва твърд метал (алуминий). След стопяването му се включва вакуум системата, за да се получи вакуумиране на

пространството под разтопената алуминиева матрица, след което се инфилтрира в капилярните пространства на уякчаващата фаза (навъглероден железен прах и Al_2O_3) фиг.2.



Фиг.2 схема на разтапяне на металната матрица и инфилтацията и

А) Изработване на пробни тела.

От получените експериментални образци са изработени пробни тела за металографски анализ. Металографският анализ се състои от макро- и микроструктурен анализ. Макроанализът се провежда с просто око или с увеличение до 50 пъти, като се наблюдават обекти, наречени ломове или шлифове. Микроанализът се извършва с помощта на металографски микроскоп, като се наблюдават само шлифове.

На получените образци са направени шлифове фиг 3 с цел да се види в каква степен се е получило това смесване за което става въпрос по горе



Фиг. 3 Композит залят с полиестерна смола

Б) Експериментална част.

Резултатите от проведените експериментални изследвания потвърждават в голяма степен наличието на възможности за получаване на ляти композити с усилваща фаза, чрез прилагане основните принципи на капилярното формоване. С използването на разработената експериментална уредба са получени пробни образци с металокомпозитна структура с комбинации

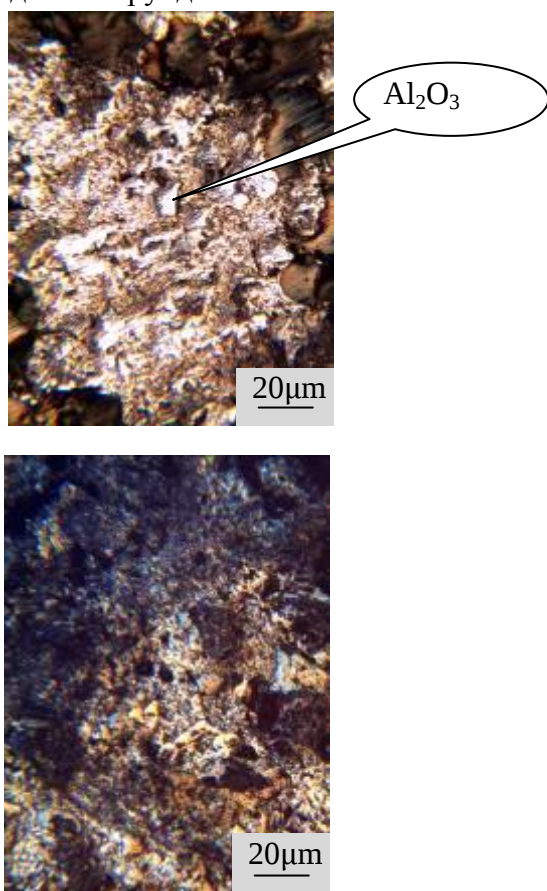
металната матрица (алуминий или мед) и уякчаваща фаза (навъглероден железен прах и Al_2O_3 (корунд)) с различни комбинации с флюс и без флюс.

I експеримент

Първият експеримент представлява синтез на композити с матрица мед и уякчаваща фаза корунд. Съотношението им е 40% Cu на прах($50\mu\text{m}$) и 60% корунд($100\mu\text{m}$).

Над пробата от мед и корунд е поставен бораксов флюс със цел омокряне, за да може медта да се разтече по повърхността на корундовите дробинки.

При стапянето на медта, се включва вакуум системата и стопилката се инфилтрира в пространството между корундовите дробинки. Стопяването на медта става при около температура 1100°C . От направените металографски шлифове показани на фиг.4 , се виждат зоните на взаимодействие между медта и корунда .



Фиг.4 микроструктура на проба с метална матрица мед и уякчаваща фаза корунд- x100

II експеримент

Вторият експеримент представлява синтез на композити с матрица мед и уякчаваща фаза навъглероден железен прах. Съотношението им е 40% Cu на прах($50\mu\text{m}$) и 60% навъглероден железен прах ($50\mu\text{m}$).

Структурата, която се наблюдава при този вариант на изграждане на композит представлява интерес тъй като се наблюдава, че и двете структурни съставни които се виждат са изградени от две фази. Това е показател за взаимодействието в дълбочина между медната матрица и железните дробинки.



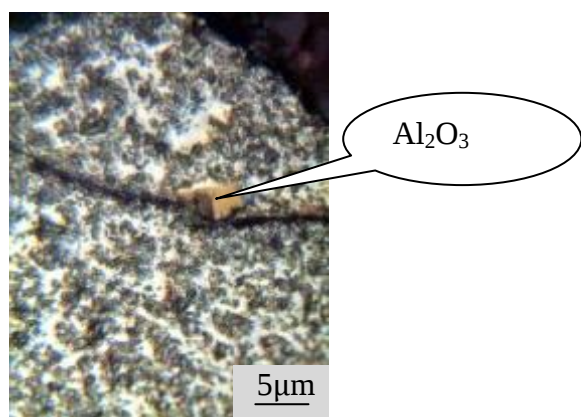
Фиг.5 микроструктура на проба с матрица мед уякчаваща фаза навъглероден железен прах- x400

III експеримент

Третият експеримент представлява синтез на композити с матрица алуминий и уякчаваща фаза корунд. Съотношението им е 40% Al и 60% корунд($100\mu\text{m}$).

Над пробата от алуминий и корунд е поставен флюс KCl със цел омокряне, за да може Al да се разтече по повърхността на корундовите дробинки. При стапянето на Al, се включва вакуум системата и стопилката се инфилтрира в пространството между корундовите дробинки. Стопяването на Al става при около температура 950°C .

От направените металографски шлифове показани на фиг.6 , се виждат зоните на взаимодействие между Al и корунда .



Фиг.6 микроструктура на проба с матрица алуминий и уякчаваща фаза корунд- х 400

IV експеримент

Четвъртият експеримент представлява синтез на композити с матрица Al и уякчаваща фаза навъглероден железен прах. Съотношението им е 40% Al и 60% навъглероден железен прах (50µm).

Алуминият се инфилтрира между навъглеродения железен прах, като се използва флюс KCl.

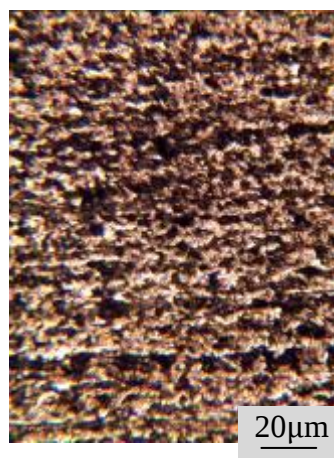
Уякчаващата фаза (навъглероден железен прах) се насипва в експерименталната кварцова тръбичка. Над нея се поставят алуминиеви парченца.

Експеримента протича по следния начин:

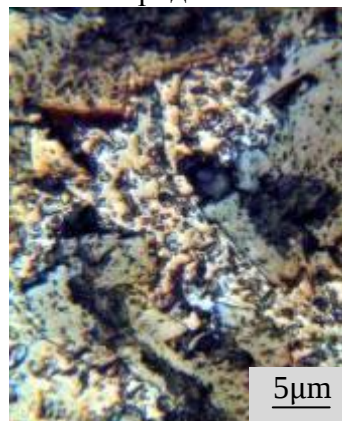
1. Нагриване и стопяване на алуминия - алуминия се стапя и се формира тапа върху навъглеродения железен прах, като се вакуумира пространството под разтопения алуминий. Поради вакуумирането се предотвратява окисляването на дробинките, понеже няма въздух.

2. Нагриване едновременно на алуминия и дробинките. След стопяването на Al се включва вакуум системата. Над алуминиевия слой налягането е 1 атмосфера, под дробинките по вакуумметъра налягането е – 1 атмосфера. В резултат на тази разлика разтопения алуминий се инфилтрира в пространството между навъглеродения железен прах. Разтопения алуминий може да се предвижи в пространствата между дробинките, но това не може да се осъществи само от гравитационните сили на разтопения алуминий, а както е посочено се получава допълнително притискане на стопилката от алуминий със сила пропорционална на

разликата между атмосферното налягане на стопилката и налягането във порите на дробинките (под стопилката е по малкото налягане).



Фиг. 7 Микроструктура на проба с матрица Al и навъглероден железен прах- х 100



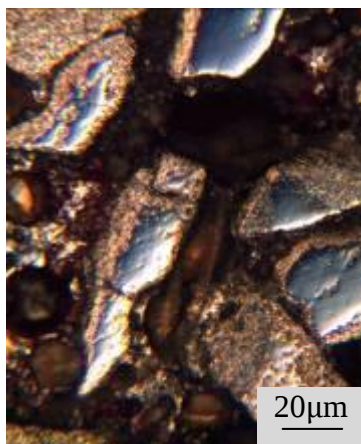
Фиг.8 Микроструктура на проба с матрица Al и навъглероден железен прах- х 400
неразядена



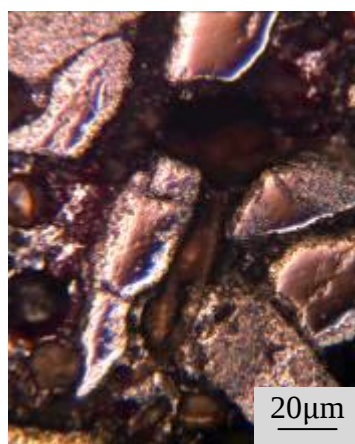
Фиг. 9 Микроструктура на проба с матрица Al и навъглероден железен прах и определена микротвърдост

V експеримент

Беше проведен и експеримент, при който уякчаващата фаза и металната матрица предварително се смесват като в този случай и уякчаващата и металната матрица са във вид на дробинки. Този експеримент е осъществен с цел сравняване на двата варианта на изграждане на композит, но при него не се получи добро омокряне на уякчаващата фаза от металната матрица и се наблюдаваха голям обем незапълнени капилярни пространства. Това се вижда много добре от фиг.3.8. Експериментите бяха направени с проби от метална матрица мед и уякчаващи фази корунд и навъглероден железен прах.



Фиг.10 Микроструктура на проба с матрица Cu и навъглероден железен прах



Фиг.11 Микроструктура на проба с матрица Cu и корунд

ОБОБЩЕН АНАЛИЗ

Трябва да отбележим, че при направените експерименти както и в други направени

преди това с други сплави не се получава 100% инфилтрация на стопилката (матрицата) в пространствата между уякчаваща фаза. Не се получава плътен композит в целия обем на пробата, този недостатък може да се отстрани по два начина:

Едния е чрез рационализиране на методиката за което в катедрата се работи. Изгражда се нова уредба с по-голям обем на работното пространство като нагряването да може да се осъществи или електросъпротивително или по индукционен път.

Втория начин за отстраняване на тази нехомогенност на получения композит е чрез допълнително пресоване на получените проби.

Допълнителен проблем който води до казаното по горе е и флюса, който използваме с цел омокряне на уякчаващата фаза. Той трябва да се изведе извън зоната на взаимодействия чрез прилагане вакуумиране но това явно не става на 100%, тъй като зоната в която той се извлича под работното пространство е с по-ниска температура. Там се втвърдява и разбалансира системата на вакуумиране като в работната зона така и под нея.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изследвано е взаимодействието на алуминиева и медна матрица с уякчаваща фаза Al_2O_3 и навъглероден железен прах, чрез прилагане на метода капилярно формоване и вакуумиране.

Установено е, че алуминиевата матрица при температури, при които тя е в течно състояние (прегрята до около $1000^\circ C$) се осъществява омокряне и взаимодействие между двете фази. При някои проби (матрица мед и уякчаваща фаза и навъглероден железен прах) се получават две квази структури, едната с по-голямо количество желязо, а другата с по-голямо количество на мед. Формирането на тези квази структури е в резултат най-вероятно на периктектичното взаимодействие на желязото и медта.

Използваната схема на предпазване от окисляване на алуминия и дробинките от навъглероден железен прах, с флюс не е

рационално, тъй като флюса остава в обема на изграждане на композита, а не се изтласква извън тази зона на взаимодействие. Същото се наблюдава при използването на мед като матрица.

Формирането на изследвана композитна смес с определена конфигурация е по-добре да се реализира без използването на флюс, а предпазването на зоната на взаимодействие на двете фази (матрица и уякчаваща фаза) да се осъществи от разтопената матрица, която да бъде над зоната на това взаимодействие. По този начин се осъществява изолиране на зоната на взаимодействие от въздуха в атмосферата.

Проведените експерименти показват, че разтопената метална матрица може много лесно и почти мигновено да се сплავи със труднотопима уякчаваща фаза, както и добре да омокри и взаимодейства с дробинките на неметалната уякчаваща фаза (корунд).

Причините за наличие на дефекти в структурата, дължащи се на незапълване на капилярните пространства със стопилка, не са свързани с материала на матрицата и усиливащите частици, а с влиянието на други параметри на технологичния процес.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Sorin Atanasov, Theory of casting processes, Publishing Technology, 1993
- [2] K.Kamburov E. Rousseva B.Todorov, R.Rusev "Material I-st part " 2004
- [3] Dimitar Todorov Boutchkov Mityo Jordanov Kanev, Materials, Equipment Publishing, 1998
- [4] R. Radev, Spassova D. Atanasov N. Ivanova R. patent BG 65955 B1 "Method for foundry molds", 2010
- [5] Atanasov N. Radev R. "Exploring opportunities for obtaining molded composites with amplified discrete phase" UNITECH'11, 18-19 November 2011, Gabrovo
- [6] Bank, A., use of environmentally friendly materials when designing furniture for children's furniture, // Magazine. Machinery and Technology, TU - Varna, 1'2011 /, ISSN 1312-0859
- [7] Tabish Qamar Hashmi, „Liquid State Methods of Producing Metal Matrix

Composites: A Review Article”, IJRMET Vol. 5, Issue 1, November 2014 - April 2015

[8] Bankova A., Benchmarking process of creating a drawing with and without using a CAD System, //International scientific symposium “Electrical power Engineering – 2014, Varna, Bulgaria

[9] Taha M. A. and El-Mahallawy N. A. (1998). "Metal-matrix composites fabricated by pressure-assisted infiltration of loose ceramic powder." Journal of Materials Processing Technology 73(1-3): 139-146.

[10] Hunt W. H., Dhingra A. K. and Fishman S. G., eds., Interfaces in Metal Matrix Composites, TMS, Warrendale, PA, 1986, pages 3-25.

[11] Aghajanian M. K., Rocazella M. A., et al. (1991), "The Fabrication of Metal Matrix Composites by a Pressureless Infiltration Technique." Journal of Materials Science 26(2): 447-454.

[12] Suresh S., Mortensen A., and Needleman A., Fundamentals of Metal-Matrix Composites, Butterworth Heinemann, 1993.

За контакти:

Пламен Иванов Стоянов,
докторант в кат. МТМ при МТФ
на ТУ- Варна,
ул. „Студентска” № 1,
e-mail: plamen_2002@abv.bg

ВЛИЯНИЕ НА СТРУКТУРАТА ВЪРХУ РАЗПРОСТРАНЕНИЕТО НА ПУКНАТИНИ В ЗОНАТА БЛИЗКА ДО ПРАГА НА РАЗПРОСТРАНЕНИЕ

INFLUENCE OF MICROSTRUCTURE ON NEAR-THRESHOLD FATIGUE CRACK PROPAGATION

Георги Георгиев

Abstract: Influence of microstructure on near-threshold fatigue crack propagation were investigated in chrome molybdenum steel SA542, chrome steel AISI 4101, silicon steel AISI 4340, copper, aluminium alloy AlMgSi1-T6, A535 and 6061 – T61, and titanium alloy Ti – 6Al – 4V.

Keywords: Material fatigue, Fatigue crack, Curves of growth of fatigue cracks

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Изследване на поведението, на разпространение, на пукнатини при умора, на материала в изключително широка гама от темповете, на растеж 10^{-8} до 10^{-1} мм / цикъл. Особено внимание бе отделено на влиянието, на структурата, на уморното разрушаване в близост до граничното натоварване - ΔK_0 под което пукнатината не може да бъде открита. Разгледан е растеж, размер и интензивността на пукнатини при гранично натоварване при различна структура получена чрез закаляване, отвързване и изотермични трансформации, повлияни от приложеното натоварване, якостта на материала, размера на зърната, примесна сегрегация. Установено е, че прагът за разпространението на пукнатини ΔK_0 е обратно пропорционален на якостта на стоманата и връзката между ΔK_0 и цикличното натоварване. Устойчивостта на материала срещу образуването и растежа на пукнатината близна до граничното натоварване може да се подобри чрез: циклично омекотяване, предварителното обработване на размерът на аустенитните зърната, и контролиране на примесната сегрегация на границите на зърната. В много инженерни приложения, където дизайна е предпочетен пред фактора циклично натоварване, контролирането на жизнения цикъл на даден компонент е често процент, при който уморната пукнатина може да расте от предшестващи дефекти.

Последните 15 години е събран голям обем от данни за поведението на разпространението на уморната пукнатина

при темповете на растеж от над 10^{-6} мм / цикъл. Въпреки че тази информация е полезна предимно при структурно инженерни приложения в ситуации, където структурни и машинни компоненти са обект на екстремно високи честоти, ниско амплитудни натоварвания за 10^{10} - 10^{12} цикли, съществува необходимост от оценка на уморното поведение на развитието на пукнатината при темповете на растеж под 10^{-6} мм / цикъл. [4]

II. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ПРОЦЕДУРА

A) Състав и механични свойства

Табл.1. Състав

	Граница на провлачане MPa	Якост на опън MPa	Удължение/%	Modulus MPa	Размер на зърната
AISI 410	610	800	23	215	9
A535	128	220	6	72	
6061 T61	286	319	16	68	
Ti 6Al 4V	868	935	18	121	
AlMgSi1	256	317	10		
AISI 4340	861	1186	18		20
SA542	400	610			
UFG Cu	290	335	21		50

табл. 2. Механични свойства

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
AISI 4340	0.4	1.6	0.76	0.01	0.01	0.76	0.41	1.76
AISI 410	0.1	0.2	0.41			11.9	0.18	0.33
SA542 – 3	0.1	0.2	0.45	0.02	0.02	2.28	1.05	0.11
	Mg	Fe	Ti	Si	Mn	Zn	Cu	Cr
A535	6.9	0.1	0.05	0.02	0.24			
6061 – T61	0.9	0.4	0.02	0.64	0.03		0.26	0.21
AlMgSi1-T6	1.1	0.5	0.1	1.28	0.9	0.2	0.09	0.3
	Al	V	Zr	Si	Fe	N	H	
Ti 6Al 4V	6.5	3.8	0.02	0.01	0.08	0.01	0.01	

Б) Термообработване

AISI410. Термообработката на материалът протича по следния начин: 913° C (2 часа / охлаждане в масло) + 649° C (4 часа / въздушно охлаждане) + 621° C (4 часа / въздушно охлаждане). За отстраняване на остатъчните напрежения, които влияят върху поведението на растежа на пукнатината, образците са освободени от натоварване с нагряване до 600° C в продължение на два часа и след това бавно охлаждане (прибл. 100° C на час). Среда (стайна температура 22° C с относителна влажност (RH) 50% и вакуум от прибл. 10^{-3} Pa) с използване на ултразвуково оборудване за тестване на умора. [1]

6061 – T61. Сплавта е с типична за T61 топлинна обработка (540° C 1 час, закалена в студена вода 20 ° C, изкуствено стареене за 8 часа при 175° C), последвано от значително снемане на материал, специфични T61 топлинна обработка, с включено „uphill“ (Течен Азот) охлаждане на пробите за получаване на проби, с ниски нива на остатъчно напрежение.

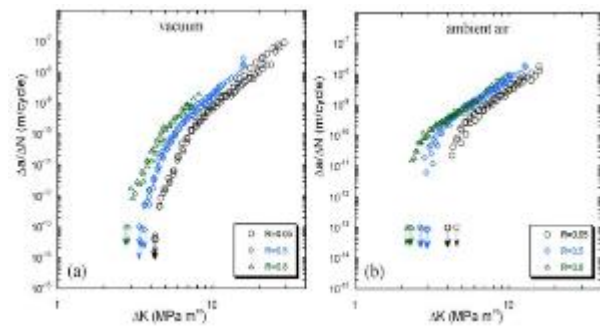
Ti – 6Al – 4V. В първия случай, сплавта е въздушно охладена след валцуване при 955° C и след това се закалява при 760° C и се охлажда в пещта. [2]

SA542-3. Доставка се като дебела плоча 175 мм, и след закаляване 954° C и охлаждане във вода и закаляване (7 часа) при 663° C за постигане на изцяло бейнитна структура. [5]

UFGCu Търговски чист поликристален мед се нагрява при 450 ° C в продължение на 30 минути преди обработка ECAP. Заготовките са обработени при 90 ° ECAP през 5- и 6- фази които преминават през режим C до получаване на супер фина зърнеста микроструктура. [6]

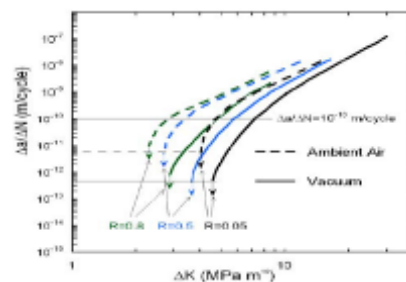
В) Резултати

AISI410. Данните за растеж на уморната пукнатина на стомана AISI410 са определени при циклична честота от 19 kHz при различни съотношения на натоварването (R) във вакуум и са показани на Фиг. 1. Стрелките показват къде не може да бъде открит растеж на пукнатината в рамките на най-малко 1×10^8 цикъла. Циклични праговите стойности на интензитета на натоварване се увеличават с намаляване на R съпоставено към ΔK .



Фиг.1.

Разпространението на пукнатината все още се движи при стойности по-ниски от 5×10^{-13} метра /цикъл. Фиг. 1b показва темповете на растеж на уморната пукнатина при атмосферен въздух. Най-ниските стойности на разпространението на пукнатини са между 2×10^{-11} м / цикъл ($R = 0,05$) и 6×10^{-12} м / цикъл ($R = 0,5$). Кривите на различни съотношения (R) се събират в границите с по-високи стойности на ΔK (начало на режим Paris). За $R = 0,8$ и $R = 0,5$ темпове на растеж на пукнатината дори стават еднакви над 5×10^{-10} м / цикъл, приближаващ кривата при $R = 0,05$.

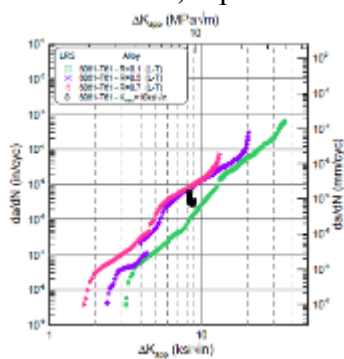


Фиг.2.

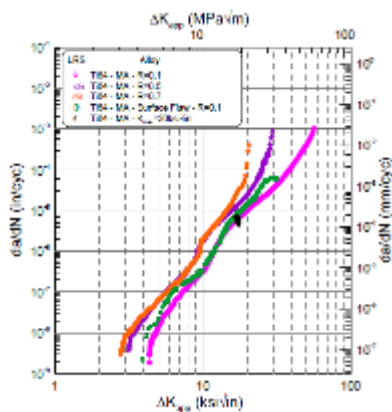
На фиг.2 е демонстрирано сравнение на фиг. 1a. и 1b и показва, че по-високи темпове на растеж на пукнатина и по-ниски прагове на интензивност на натоварването могат да бъдат наблюдавани в атмосферния въздух, за разлика от вакуум. Този резултат не е неочакван, тъй като водната пара в атмосферния въздух действа като корозивна среда и може да доведе до водородна крехкост и други повишавайки растежа на пукнатината. Факторът интензитет на прагово натоварване ΔK във вакуум и въздух се различава значително по-малко (5-30%), отколкото за K-стойности за темповете на растеж на пукнатина 10^{-10} м / цикъл (55-70%). Стойностите от фиг. 1a и 1b са изяснени в Фиг.2, където $\Delta a / \Delta N$ при 10^{-10} м / цикъл и стартовите средни стойности на действително

измерените темпове на разпространението на пукнатини в вакуумни и въздух бяха отбелязани с хоризонтални линии за сравняване. Разпространението на уморна пукнатина във вакуум все още се извършва в размер на 5×10^{-13} м / цикъл, докато най-ниската стойност измерена в атмосферен въздух е 6×10^{-12} м / цикъл. Вероятната причина за този резултат е, че интензитета на прагово натоварване, измерен в инертна среда не е толкова различен от този във въздух, тъй като разпространението на пукнатината във вакуум все още се извършва с десет пъти по-ниски темпове на растеж от пукнатините наблюдаваните в атмосферния въздух. [1]

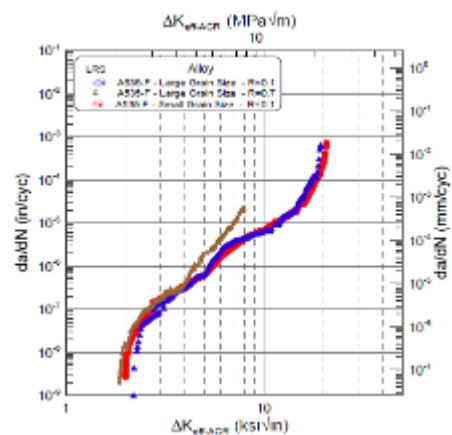
A535. (фиг.3.) Разпространението на пукнатината се движи при стойности по-ниски от 1×10^{-8} . Най-ниските стойности на разпространението на пукнатини са между 4×10^{-8} мм / цикъл ($R = 0,7$) и 1×10^{-7} мм / цикъл ($R = 0.1$). За $R = 0,7$ и $R = 0,1$ темпове на растеж на пукнатината са еднакви в първият регион, над 1×10^{-5} мм / цикъл, започва разделянето им. Сравнението показва, че по-високи темпове на растеж на пукнатина и по-ниски прагове на интензивност на натоварването могат да бъдат наблюдавани при съотношение $R=0.7$, за разлика от $R=0.1$. [2]



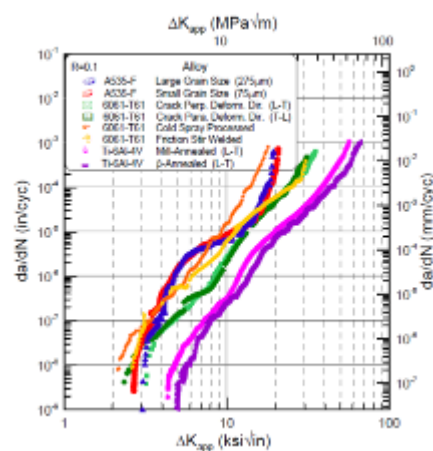
Фиг.3.



Фиг.4.

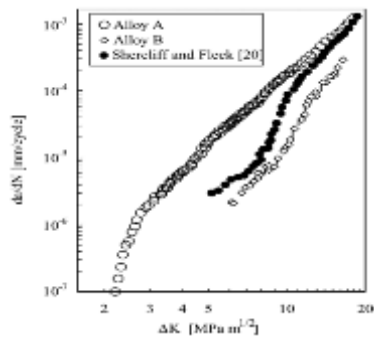


Фиг.5.



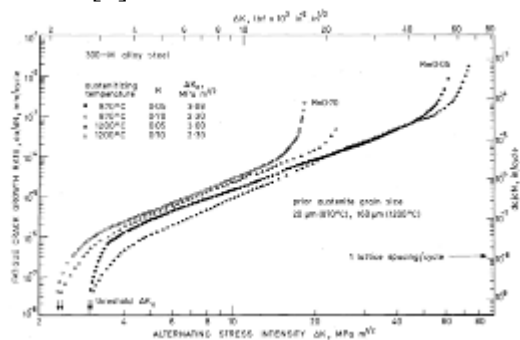
Фиг.6.

Ti 6Al 4V. Разпространението на пукнатината (фиг.5.) се движи при стойности по-ниски от 1×10^{-8} . Най-ниските стойности на разпространението на пукнатини са между 3×10^{-8} мм / цикъл ($R = 0,1$) и 1×10^{-7} мм / цикъл ($R = 0.5$). За $R = 0,7$ и $R = 0,5$ темпове на растеж на пукнатината са еднакви в първият и вторият регион, над 2×10^{-4} мм / цикъл, започва разделянето им. Сравнението показва, че по-високи темпове на растеж на пукнатина и по-ниски прагове на интензивност на натоварването могат да бъдат наблюдавани при съотношение $R = 0.7$, за разлика от $R = 0.1$. Сравнението на: A535, 6061 – T61, Ti – 6Al – 4V Фиг.6. показва, че по-високи темпове на растеж на пукнатина и по-ниски прагове на интензивност на натоварването могат да бъдат наблюдавани при A535 и 6061 – T61, за разлика от Ti – 6Al – 4V. В регион II A535 е с по-високи стойности на разпространение на пукнатината от 6061 – T61, а в регион III 6061 – T61. В регион I имат близки темпове на растеж. [7]



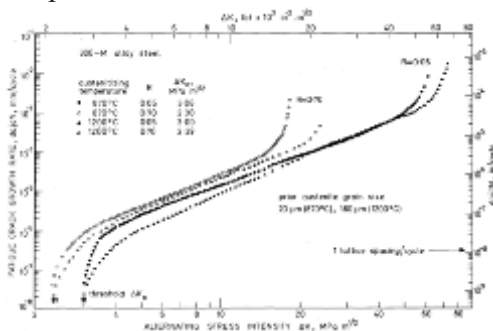
Фиг. 7.

AlMgSi1-T6. (фиг.7) сплав, А е в състояние Т6 изкуствено стареене, тя е с най – големи темпове на разпространение на пукнатината 2×10^{-4} мм / цикъл ($R = 0,05$) при $\Delta K = 10$ Мра $m^{1/2}$. Сплави В и С, макар и в същото Т6 състояние, имат значително по-ниски стойности $1,5 \times 10^{-5}$ и $7,5 \times 10^{-6}$ мм / цикъл. Основната разлика между сплавите анализирани в тази работа е в размер на Mn (А-0,8 В-1,08) и Cr (А-0,01 В-0,25) който се добавя като дисперсно - образуващи елементи. [3]



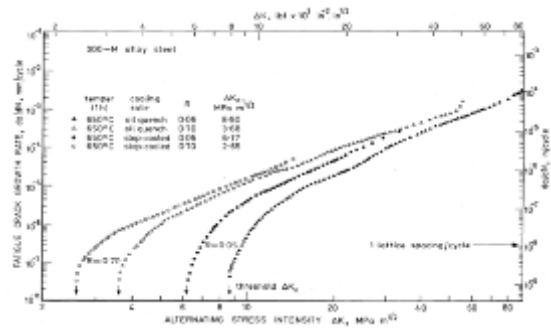
Фиг.8.

AISI 4340. Имайки предвид резултатите за закаленият и пластичен материал при $R = 0.05$ (фиг. 8), е очевидно, че температурата на закаляване упражнява силно влияние върху праговите стойности на граничните напрежения и на стойностите на растежа на пукнатината в зоната близна до граничните напрежения.



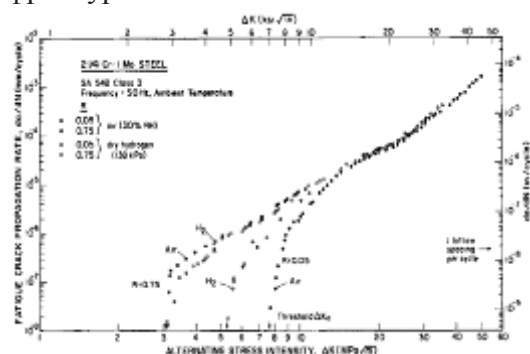
Фиг. 9

При $\Delta K = 9$ Мра $m^{1/2}$, например, темпа на растеж на Т100 е над две деления по-голям, отколкото в Т650. Когато температура на закаляване се увеличи, прагът ΔK_0 се увеличава от 3.0 до 8.5 Мра $m^{1/2}$ едновременно с намаляване два пъти на якостта на опън. При $R = 0.70$ (фиг. 9), същият темп на увеличаване на ΔK_0 силата намалява, но влиянието е драстично редуцирано: ΔK_0 се увеличава от 2.3 до 3.7 Мра $m^{1/2}$ при същото намаление на силата.



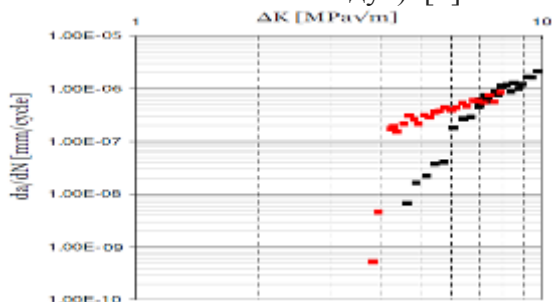
Фиг.10.

Резултатите от умора при $R = 0.05$ и 0.70 (фиг. 10) показват, че темповете на растеж са сходни и за двете структури в режим Б, и започват да се различават при висок и нисък интензитет на натоварване. При висок интензитет на натоварване, А1200 показва изключителна устойчивост на разпространението на пукнатини поради повишена издръжливост. При нисък интензитет на натоварване, темповете на растеж са малко по-ниски в грубата дребнозърнеста А1200 структура, особено при $R = 0.05$, въпреки че прагът остава непроменен. Повърхностни фрактури са много по-груби в зоната близна до граничното натоварване в едрата структура, показваща широкообхватен еластичен интеркристален строеж със сегменти на интеркристална фрактура.

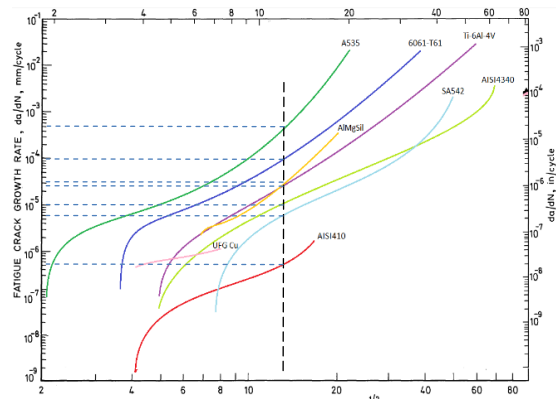


Фиг.11

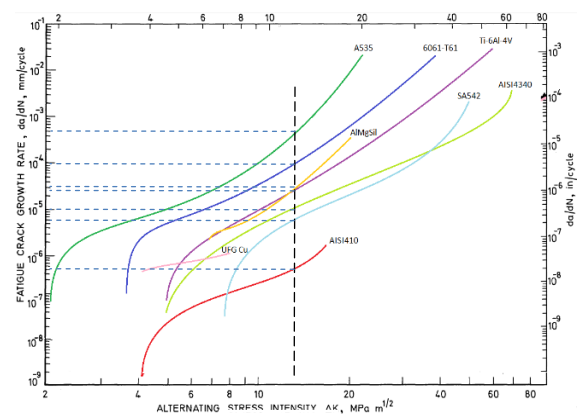
Влиянието на примесната сегрегацията върху разпространението на уморната пукнатина на влажен въздух, е показана на Фиг. 11 за съотношения на натоварване $R = 0.05$ и 0.70 . Ясно е, че крехкостта води до увеличаване на стойностите на разпространението на пукнатини, и при двете съотношения на натоварване, особено при нисък интензитет. При по – големи темпове на растеж от $\sim 10^{-5}$ мм/цикъл, в крехката структура (T650SC) се забелязват незначителните темпове на растеж и има слабо влияние на съотношението на натоварване върху разпространението на пукнатини в структурата. Не бяха наблюдавани сериозни различия при механизмът на уморни фрактури в тази област и при двете структури, проявяващи режим на интеркристалноеластично набраздяване, подобен на фиг. 5(а). При стойности на растеж близки до праговете $< 10^{-6}$ мм/цикъл, темповете на разпространение в крехката структура стават над един порядък по-високи отколкото в жилавата структурата и стойностите на прага ΔK_{0sa} значително намалени от 8.5 до 6.2 $\text{MPa m}^{1/2}$ при $R = 0.05$, и от 3.7 до 2.7 $\text{MPa m}^{1/2}$ при $R = 0.70$. Също така е забележимо, че темповете на растеж са все по-зависими от отношението на натоварването, когато са близки до граничното натоварване. [4] **SA542-3** За бейнитна SA542-3 Фиг.12 стомана тествана при $R = 0.05$ и 0.75 , варирането на темповете на разпространение на уморната пукнатина (da/dN) при 50 Hz с променлив интензитет на натоварване е показан на фиг. 1. Над 10^{-6} мм / цикъл, данните за растеж на пукнатина в сух водород и влажен въздух при двете съотношения на натоварване са сходни. Близко-праговите нива на разпространение във водород надвишават тези във въздух с до два порядъка при $R = 0.05$, с праг ΔK_0 (стойности 48 на сто по-високи отколкото във въздух). [5]



Фиг.12



Фиг.13



Фиг.14

UFG Cu. Кривите на растежна уморната пукнатина на фиг.12 показват взаимоотношенията между темповете на растеж на уморната пукнатина и обхвата на фактора интензивност на натоварването в образеца заедно с референтните данни за конвенционалната едрозърнеста мед. [9]

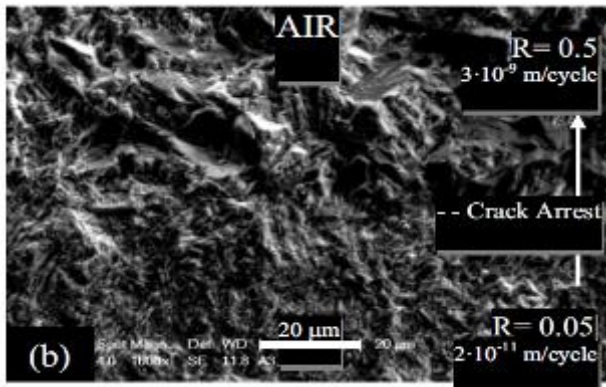
Може да се види, че материал, подложен на UFG показва значително увеличаване на темповете на растеж на пукнатината в обхвата на ΔK под $7 \text{ MPa m}^{1/2}$. Въпреки това, кривите се сливат заедно при по-високи стойности ΔK , а именно над $7 \text{ MPa m}^{1/2}$ (фиг. 13). Също така в UFG образците се наблюдава постоянно отклонение на посоката на растеж на пукнатината $22^\circ - 24^\circ$ по отношение на равнината, перпендикулярна на посоката на натоварване. Доказано е, че приносът на затваряне пукнатина зависи от различни фактори, като дължина, размер и геометрия на пластичната част по ръбовете на пукнатината. [6]

Г) Сравнение на тестваните образци

На фиг.15 са сравнени темповете на разпространение на пукнатините на тестваните образци. Най-високи са темпове при A535, а най-ниски при AISI410 и SA542.

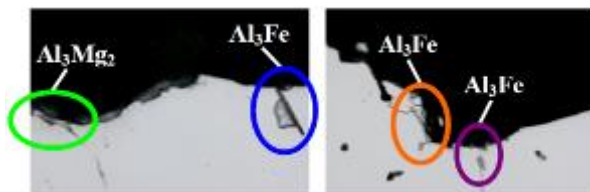
При $\Delta K = 15 \text{ MPa m}^{1/2}$ разпространението на пукнатината на SA542 е $6,5 \times 10^{-7} \text{ mm / cycle}$ значително по-ниски темпове отколкото при A535 $6,5 \times 10^{-4} \text{ mm / cycle}$. При праг $\Delta K_0 = 2 \text{ MPa m}^{1/2}$ съответно за A535, $\Delta K_0 = 4 \text{ MPa m}^{1/2}$ за AISI410 и $\Delta K_0 = 8 \text{ MPa m}^{1/2}$ за SA542. [8]

Микроструктури



Фиг.15.

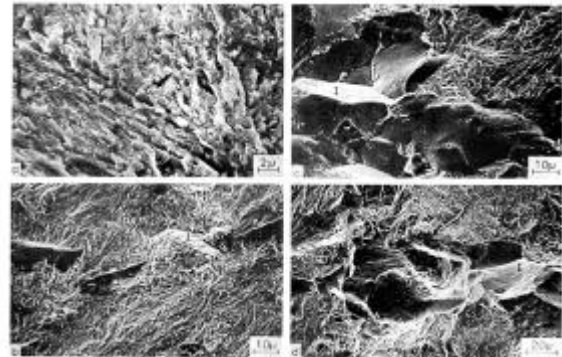
AISI410. Пукнатини, се разпространяват перпендикулярно на оста на натоварване в периферна посока. Посоката на растеж на пукнатина на фиг.15. е от отдолу нагоре. На фиг. 15, е показана границата между близкият до праговото натоварване растеж на пукнатина (долната част на изображението) и по-високите темпове на растеж на пукнатина (горната част на изображението). В близост до праговото натоварване основно фрактурата е транскристална със сравнително гладка повърхност. С увеличаване на интензивността на натоварване, се променя вид на фрактурата към по-груба и с по-еластичен характер. [1].



Фиг.16.

В сплав A535, механизми за растеж пукнатина се променят от транскристални в долната част на област II към смесен транскристално-интеркристален режим в горната част на област II към интеркристална при много високи нива на ΔK в област III. Разпространението на пукнатини се улеснява от граница зърната и слабата матрица, която представлява алтернативен път на най-

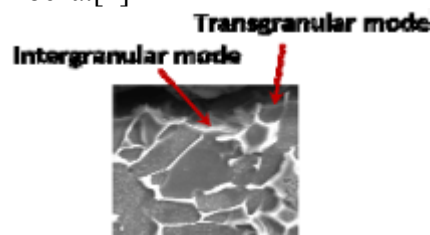
малкото съпротивление срещу напредък на пукнатината фиг.17. Така, че преходът към смесен режим със значително транскристално разпространение се среща само при високи стойности на ΔK . [2]



Фиг.17.

В сплав 6061-T61, пътя на фрактурата е фасетиран и интеркристално разпространение се среща само при много висока ΔK в Регион III където пластичната зона обвива значителна област от граница на зърната, създаваща възможност за интеркристално разпространение. В област II, подобни темпове на растеж на пукнатината за проби при $R = 0.1$ могат да бъдат отпадени на малкия размер на пластичната зона в която средният размер на зърната в сплавта не се увеличава дори и в горния участък II.

В Ti-6Al-4V транскристалния режим на разпространение през α зърната, в долната част на област II може да се дължи на малкия размер на пластичната зона, която е с по-малък от средния размер α зърна. Въпреки това, с увеличаване на ΔK пластичната зона увеличава размера си и в резултат се наблюдава смесен режим на разпространение в средата област II (Фиг.18). И накрая, в област III, разпространението на пукнатини се извършва главно чрез интерфейса между алфа и бета. [2]

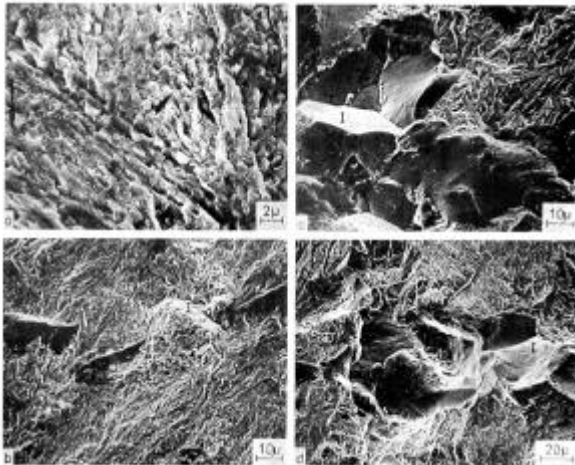


Фиг.18.



Фиг.19.

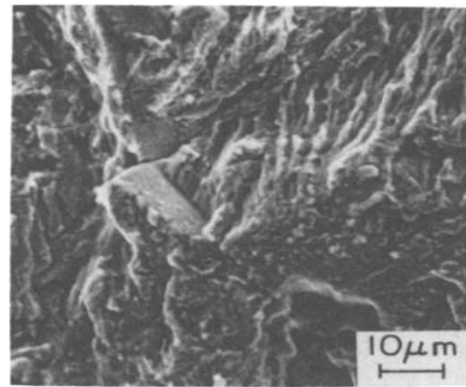
AlMgSi1-T6. Посоката на растеж на пукнатината е от дясно на ляво. Ясно се вижда, че посоката е с неориентиран характер. Повърхността е с висока грапавост.[3]



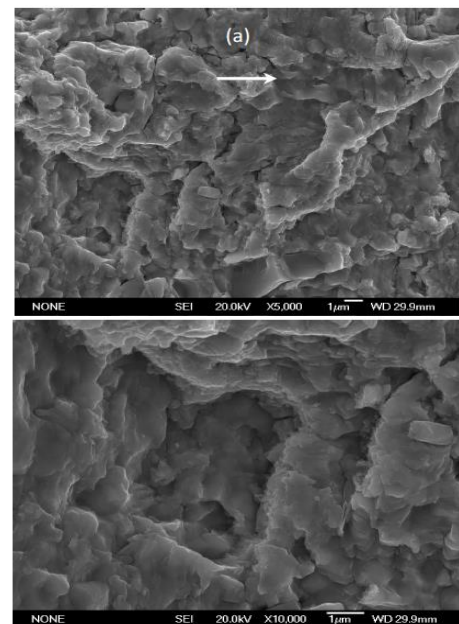
Фиг.20.

AISI 4340. Фрактурната морфология на близко-праговата пукнатина се състои в плоско еластичен транскристален режим с изолирани сегменти на междукристално разделяне (фиг. 20). Близко до прага, дялът на междукристалните фасети е малък <1%, увеличава се до максимум при около $\Delta K = 6-10 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ и след това постепенно намалява при по-високи интензитет на натоварването (фиг.20 (б) -(г)). Значителни количества междукристални фасети са наблюдавани в T100 и T470, обикновено 15% при $\Delta K = 7 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$, в сравнение с не повече от 8% в T300, и нито една в T650. [4]

SA542-3. В близост до прагът на натоварване фрактурната морфология се състои от фин транскристален режим с допълнително междукристално разделяне (фиг. 21). Дялът на междукристалните аспекти, се увеличава с увеличаване ΔK до максимум обикновено 30 до 40 на сто при $\Delta K \sim 15 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$, преди да намалее до нула при $\Delta K \sim 20$ до $25 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ във въздух. [5]



Фиг.21.



Фиг.22.

UFG Cu. Разпространението на въздух, Фиг. 22, изглежда е предимно транскристално, много подобен на конвенционалния етап II от механизма за разпространението на пукнатини. [6]

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Стоманите с най-висока пукнатиноустойчивост са AISI410 и SA542 това са стомани с голяма якост на опън и с високо съдържание на хром.
2. При всички разглеждани образци режимът на разпространение на пукнатината е транскристален в зоната близка до праговите стойности на натоварване.
3. По – големи темпове на разпространението на пукнатината се наблюдават в сплави на алуминий и титан от 5×10^{-5} до 10^{-3} mm / цикъл при $\Delta K \sim 15 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$.

4. Значително по-малки темпове на растеж при стомани от 10^{-6} до 10^{-3} при $\Delta K \sim 15 \text{ MPam}^{1/2}$.
5. Ултра-финните зърна намаляват пукнатинната деформация и следователно намаляват праговите стойности при сплавите. От тестваните сплави Ti-6Al-4V притежава най-голяма съпротива срещу растеж на умора пукнатина.
6. Богатите на Mn / Cr дисперсоидни частици спомагат за равнинно при плъзване в резултат на което имаме изкривен път на пукнатината и намалени стойности на растежът и.
7. Повишаване на близкия до праговото натоварване темп на растеж и значително по – ниски прагове на пукнатиноустойчивост са наблюдавани в стомана с примеси индуциращи крехкост по време на термообработването.”
7. Yanakieva-BankovaAleksandrina, Graphic analytical method for determining parameters of perspective images of parallel epipeds //QuarterlyJournalofMechanicsandAppliedMathematics, “Oxford University Press”, 2016, Vol. 69, Num. 4. / ISSN 0033-5614.
8. Bankova A., Benchmarkingprocessofcreating a drawingwithandwithoutusing a CAD System, //International scientificsymposium “ElectricalpowerEngineering – 2014, Varna, Bulgaria/ ISSN.
9. Bankova A., Zhecheva G “Application of three-dimensional modeling in the design of the product in a CAD environment // Final conference "Science in the Service of Society" - Proceedings of the Union of Scientists - Varna, 1'2016 /, ISSN.

IV.ЛИТЕРАТУРА

1. S. Stanzl-Tschegg, B. Schunbauer, „Near-threshold fatigue crack propagation and internal cracks in steel“. ProcediaEngineering 2 2010.
2. Anastasios G. Gavras; Brendan F. Chenelle; Diana A. Lados „Effects of microstructure on the fatigue crack growth behavior of light metals and design considerations“ RevistaMatéria, v. 15, n. 2.
3. L.P. Borrego, J.M. Costa, S. Silva, J.M. Ferreira „Microstructure dependent fatigue crack growth in aged hardened aluminium alloys“ International Journal of Fatigue 26 (2004).
4. R. O. Ritchie, „Influence of Microstructure on Near- Threshold Fatigue Crack Propagation in Ultra-High Strength Steel“ Metal Science August/September 1977.
5. S. Suresh, G. F. Zamiski, and R. O. Ritchie, „Oxide-Induced Crack Closure: An Explanation for Near-Threshold Corrosion Fatigue Crack Growth Behavior“ Metallurgical Transactions A 12a, August 1981.
6. M Arzaghi¹, S Fintová², C Sarrazin-Baudoux¹, L Kunz³, and J Petit¹, „Near threshold fatigue crack growth in ultrafinegrained copper“ Materials Science and Engineering 63 (2014).

За контакти:

инж. Георги Георгиев,
докторант в кат. МТМ при МТФ
на ТУ- Варна,
ул. „Студентска“ № 1,
e-mail: gea_print@abv.bg

ИЗСЛЕДВАНИЯ НА АБРАЗИВНО ИЗНОСВАНЕ НА НАВАРЕНИ СЛОЕВЕ ПРИ ПОДМЯНА НА КОНТРАТЯЛОТО

RESEARCH OF ABRASIVE WEAR OF WELDED LAYERS with replacement of the counter body

Радостина Янкова

Abstract: A comparative research of abrasive wear in several abrasive environments of metal samples, welded with different electrodes, is carried out. The impact of the counter-body on the wear parameters is studied. A laboratory stand to test the wear-resistance of metal samples with flat and cylindrical surfaces, with the possibility of replacing the counter-body as well as changing the friction conditions – dry, semi-dry, abrasive, etc., is used.

Key Words: wear, stand, hardness, welded layers

1. УВОД

Абразивното износване е процес, при който повърхността на метала се износва в резултат на режещо или драскащо действие на твърди тела или частици. Механизмът на този процес се състои в постепенно отделяне на материала от повърхността на износване под формата на много ситни стружки или на цели фрагменти, които са били в състояние на разрушаване преди да се отделят като продукти на износване.

Големината на износване, в зависимост от състоянието на материала, може да се изрази в загубата на материала, в неговата деформация, в изменение на свойствата му и в пренасянето на материал между контактуващите тела.

Факторите, влияещи на процеса абразивно износване са: видът на абразивните частици; влажността и агресивността на средата; свойствата на износваните повърхнини; ударното въздействие; нагряването и др.

Технологичните средства за намаляване на износването са насочени предимно към благоприятно изменение на физико-механичните характеристики на работещите повърхности. Едно от тези средства е наваряването. При правилно прилагане наваряването може да бъде един от най-рационалните методи за възстановяване на износени машинни детайли. С него може не само да се възвърнат предишните размери на изделието, но така също върху работната повърхност да се приготви сплав, която да притежава по-високи експлоатационни свойства – изнosoустойчивост, огнеупорност и др. По този начин машинната част не само

се ремонтира, но се удължава и подобрява експлоатационния й живот.

Сравнителните изследвания на абразивно износване имат за цел да определят влиянието на абразивната среда, контратялото и режима на триене върху параметрите на износване на наварени образци.

Променливите параметри при сравнителните изследвания на абразивно износване са методите за наваряване и условията на триене (фиг.1)



Фиг.1. Класификация на променливи параметри при сравнителни изследвания на абразивно износване.

2. ЦЕЛ И ЗАДАЧА

Целта на проведения сравнителен анализ е да се изследва влиянието на контратялото върху параметрите на износване на наварени образци;

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ЧАСТ

3.1. Методика за експериментални изследвания.

Проведеното сравнително изследване на абразивно износване е извършено в среда от абразивни частици, смесени в определена консиситенция с минерално машинно масло. При въртеливото движение на контратялото (фиг.2) , потопено в получената смес се извършва непрекъснато разбъркване и поддържане на нейната относителна хомогенност. Това осигурява еднаквост на условията на износване при всички образци и повтаряемост на резултатите. Свободните абразивни частици, носени от флуида, попадат в зоната на контакт между образеца и контратялото, проникват в двете повърхности и чрез надирание ги разрушават.

Методиката за изследване на износоустойчивост включва:

- изработка на пробни образци, наварени с различни видове електроди ;
 - изпитване на износване в абразивна среда с 2 броя контратела от различен материал;
 - определяне параметрите на износване;
- Проведените експериментални изследвания са извършени при следните условия на триене;
- контратяло сменяемо - от текстолит и стомана 45;
 - абразив от силициев карбид 2C-120-F-120;
 - натоварването върху образеца $F = 10\text{N}$;
 - време на изпитване $t = 25\text{ min}$
 - изминат път на износване $S = 1075\text{ m}$.

3.2. Метод и материали за наваряване.

Методът за наваряване е ръчно електродъгово наваряване. Електродите, които са подбрани, се използват за наваряване при абразивно износване. Химичният състав на добавъчните материали е посочен в табл. 2. Наварените слоеве са нанесени върху образци от средновъглеродна, нисколегирана стомана 40X.

Таблица 1. Химичен състав на материалите за наваряване

Марка	Химичен състав			
	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %
EH 550	0.5	2.4	0.4	9.0
OK Weland 60T	4.8	0.7	1.0	34.3

Марка	Химичен състав					
	C, %	Mo, %	Nb, %	Cr, %	W, %	V, %
Abrazdur 66	6.0	6.0	6.0	22.0	2.0	1.0

Извършено е многослойно наваряване с предварително подгряване на образците, като режима на наваряване е съобразен с предписанията на производителя.

3.3. Параметри на износване.

Параметрите на износване, които са определени включват:

- масово износване;
- интензивност на износване;
- износоустойчивост;

Големината на износване се определя по тегловния метод, за всеки от материалите с помощта на аналитична везна с точност 0,001 g., като всички образци се почистват, подсушават и претеглят, в началото и края на всяка серия изпитване. Динамиката на изменение на износването се получава, като се определи изменението на масата на образците след всяка серия изпитване.

Масовото износване се определя от зависимостта:

$$\Delta m = m_H - m_K, [\text{g}] \quad (1)$$

където:

m_H - масата на образеца в началото на изпитването, g;

m_K - масата на образеца в края на изпитването, g;

Интензивност на износване е определена от зависимостта:

$$V = \Delta m / S, [\text{g/m}] \quad (2)$$

където:

S- изминатия път на триещата се повърхност по време на трибологичното изпитване.

Износоустойчивостта е относителна величина и представлява реципрочна стойност на интензивността на износване:

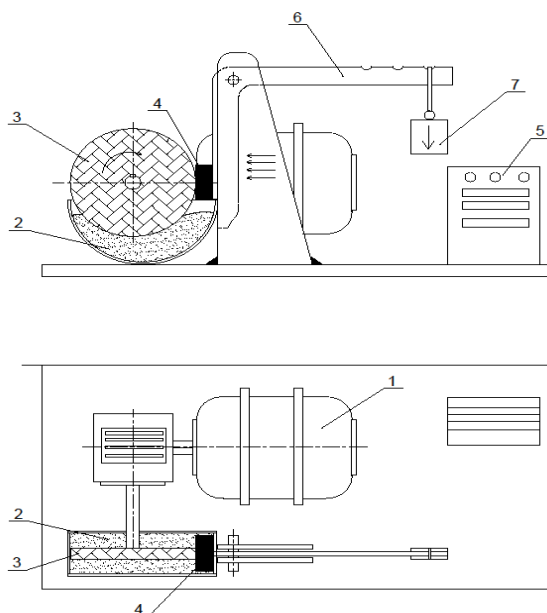
$$E = 1/V \quad (3)$$

3.4. Лабораторен стенд за изпитване на износоустойчивост.

Разработеният стенд (фиг.2) за изпитване на износоустойчивост е за метални образци с плоски и цилиндрични повърхнини и е с възможност за бърза подмяна на контратялото, изработено от различни материали /метали, полимери, керамики/, както и за промяна условията на триене – сухо, полусухо, абразивно и др.

Изследваният образец се монтира неподвижно на лостов механизъм, който го притиска към контратялото със сила 10N. Чрез честотен преобразувател се регулират

оборотите на въртене на контралято и съответно изминатия път на износване.



Фигура 2. Лабораторен стенд за изпитване на износване.

1. Двигател редуктор, 2. Абразив, 3. Сменяемо контралято, 4. Пробен образец, 5. Честотен преобразувател, 6. Лостов механизъм, 7. Тежести.

4. РЕЗУЛТАТИ

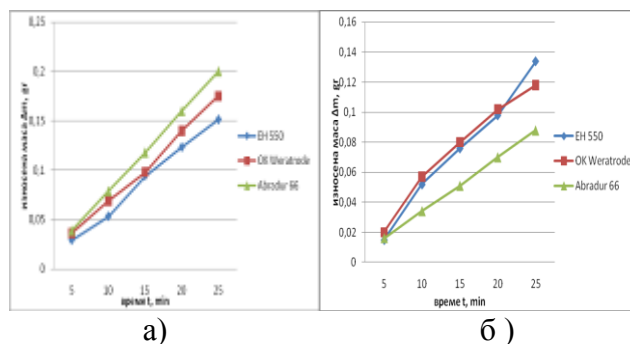
На базата на експериментално получените стойности за параметрите на износването са построени диаграмите на масовото износване спрямо времето (фиг.2) и на износоустойчивостта на образците при използване на различните контратела (фиг.3).

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

На база на проведените изследвания могат да се направят следните изводи:

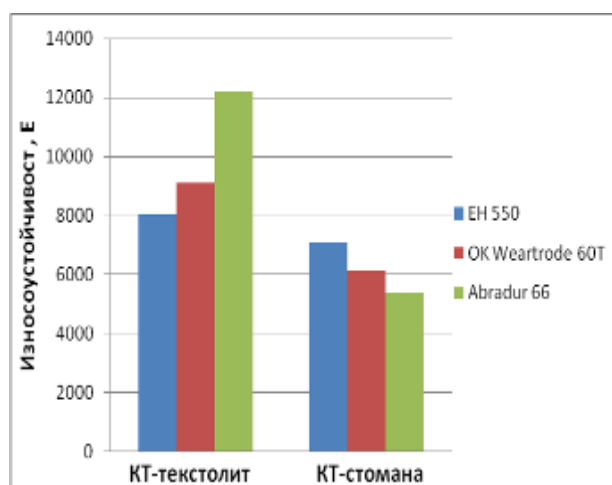
- Видът на контралято оказва съществено значение при износването. При използване на контралято от текстолит износоустойчивостта е значително по-висока и при трите наварени образци.

- По-ниската износоустойчивост, съответно по-висока степен на износване на наварените слоеве, при използване на контралято от стомана се дължи на по-голямата фактическа площ на допиране между повърхнините и по-малката пористост на материала. Тези характеристики оказват фундаментално значение при абразивното износване.



Фигура 2. Диаграма на износената маса спрямо времето:

- а) при контралято от стомана;
б) при контралято от текстолит;



Фигура 3. Износоустойчивост Е на образците наварени с различните електроди с различните КТ(контратела).

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Kandeva, M.K. 2011. – Lectures on engineering tribology C, Projekt BG051PO001-3.3.06-0046, 3, 50,61 с.
- [2] Stoycheva K., ABRASION WEAR OF ELEMENTS FROM MINING EQUIPMENT, ANNUAL of the University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, Vol. 56,
- [3] Elektrodugovaya naplavka detaley pri abrazivno i hidroabrazivnoy iznos, 1985, 13-15 с

За контакти:

Радостина Янкова,
докторант в кат. МТМ при МТФ
на ТУ- Варна,
ул. „ Студентска” № 1,
e-mail: radyankova@abv.bg

MODELLING OF THE CHARACTERISTICS OF REGULAR MICROSHAPE ROUGHNESS USING A METHOD FOR RAPID PROTOTYPING

МОДЕЛИРАНЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКИТЕ НА РЕГУЛЯРНИ РЕЛЕФИ С ИЗПОЛЗВАНЕ НА МЕТОДИТЕ ЗА БЪРЗО ПРОТОТИПИРАНЕ

Stoyan D. Slavov, Kirill Y. Kirov

Abstract: The paper focuses on creation of a methodology for rapidly obtaining three-dimensional models of regular microshape roughness using a suitable CAM software, and in particular the result from 3D simulations of process for surface plastic deformation (SPD) on flat surfaces. Required inputs for modelling of regular microshape roughness are defined. Some of them based on mathematical modelling, while the others obtained by experimental determination of the diameter of impressions from the spherical element of the SPD tool in certain materials at different values for the pressing force. Description of the technical equipment and methodology for per layer 3D printing of the physical models of regular microshape roughness also is given. At the end of the paper, some conclusions about the adequacy of the obtained physical prototypes, resulting from the proposed methodology are given.

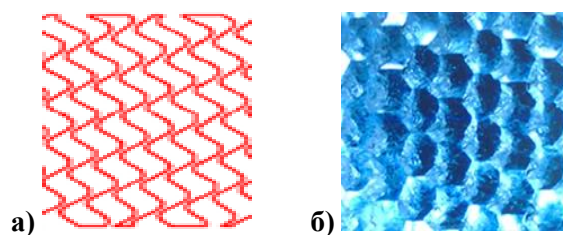
Key words: surface plastic deformation process, regular microshape roughness, CAD–CAM, Rapid Prototyping, 3D printing processes.

1. Въведение

Изработването на прототипи (физически и/или виртуални), които се тестват по различни показатели с оглед удовлетворяване на изискванията към крайното изделие, снижава грешките при производството, което от своя страна рефлектира в скъсяване на времето за излизане на продукта на пазара и повишаване на качеството му. В тази насока, през последните години, интензивно се развива специализирано направление, наречено „бързо прототипиране“. За малки серии детайли със сложна конфигурация, тези техники за създаване на реален прототип често се явяват най-добра възможност за производството им. При по големи по обем производствени серии те са ефикасно средство за първоначална проверка с цел оптимизация на дизайна на изделието, преди то да бъде пуснато в серийно производство. Това важи особено в случаите, когато е невъзможно (или е трудно) да се създаде нагледен виртуален модел на функционални повърхнини от детайли, притежаващи специфични текстури, като например частично или напълно регулярни релефи (РР) [1], получени чрез процес на пластично повърхностно деформиране (ППД).

Така например, дори и при съвременните подходи за технологична подготовка за

обработване чрез ППД на различни видове повърхнини от детайли (с използване на CAD-CAM софтуер и машини с цифрово програмно управление [2]), често не може предварително да се получи изчерпателна информация за това, как дадена комбинация от режимни параметри на процеса ще повлияе върху топографията на РР. Пример за това е показан на фиг. 1. На фиг. 1. а) е показана теоретично изведена крива (в Mathcad, РТС) на траекторията на движение на деформиращия елемент (ДЕ) от инструмента за ППД [2] при зададена примерна комбинация от режимни параметри. Фиг. 1 б) показва изображение на реално формираният РР по равнинна повърхнина, в резултат от изпълнения процес на ППД с тези режимни параметри.



Фиг. 1. а) Крива на траекторията на движение на инструмента при ППД; б) Получен регулярен релеф от IV-ти вид [1] след обработване на реална равнинна повърхнина.

Както се вижда от фиг. 1 а) и б), начина на наслагване на траекторията на инструменталния път дава само груба представа за това, каква ще бъде формата на клетките от РР. Това е така, защото е невъзможно в САД модела на генерираната крива, явяваща се траектория на ДЕ, да се отчете неговия диаметър, както и да се симулира пластичната деформация на материала в повърхностния слой под въздействието на инструмента в процеса на ППД.

За да се провери дали комбинацията от режимни параметри е подходяща за получаването на регулярен релеф с желаната форма и размери на клетките, е необходимо да се изпълни физически процес на ППД на реална повърхнина, с реален инструмент и машина, настроени със съответните режимни параметри. В случай, че комбинацията от режимни параметри се окаже неподходяща, то следва пренастройване на един или повече режимни параметри, повторно преминаване през всички стъпки на процеса за подготовка на следваща обработка и така, докато се получи желания резултат. Дори и при реализиране на експериментално изследване (например пълен или дробен планиран факторен експеримент) за определяне/моделиране на влиянието на режимните параметри на процеса ППД по нова схема върху получаващите се характеристики на РР, това отново е свързано с изпълнението на определен брой физически опити и разход на време за обработване на резултатите от тях. Очевидно е, че тези подходи ще доведат до завишени разходи за реализирането им. Следователно е резонно да се потърсят алтернативни начини за получаване на необходимата информация за РР, като се опрости процеса за получаване на физически образци, използвайки съвременните методи за бързо прототипиране.

Основни цели на настоящата работа са изследване на възможността за прилагане на методите за бързо прототипиране и изготвяне на методика за създаване на физически модели на РР по метода на 3D принтиране, с характеристики, близки до реалните РР, получаващи се след прилагане на процес за ППД.

2. Подход за създаване на 3D САД модел на РР с помощта на САМ софтуер.

Предложената в настоящата работа методика за получаване на виртуален 3D САД модел на РР се основава на способността на съвременните САМ софтуерни системи от средно и високо ниво (като например FeatureCAM, PowerMill, CATIA, Siemens NX и др.) да извършват симулации на зададените операции за обработване, като геометричния модел след всяка (или всички) изпълнена операция(и) може да се съхрани като независим 3D модел (например в стерео литографен файлов формат) [3,4]. Тази функционалност на САМ по принцип се използва при верифициране на операциите за обработване за откриване на евентуални колизии на инструмента със заготовката (или други части на екипировката и на машината), но и за оценяване на точността, с която заложените стратегии за обработване на сложни обемно-профилни повърхнини от детайли доближават крайния продукт до „идеалната“ САД форма на виртуалния (теоретичния) модел на детайла. След симулация на зададените операции за обработване на заготовката, крайния 3D САД модел пресъздава формата и размерите на обработения детайл със сравнително висока степен на точност. Получаващия се краен модел е с максимална степен на реалистичност, като дори се пресъздават остатъчните следи (т.нар. Scallops), оставяни от преминаването на инструмента(ите) по обработваните чрез рязане повърхнини.

Следователно САМ могат да бъдат използвани като средство не само за задаване на операционни последователности и автоматизирано генериране на управляващи програми, а и за целите на получаване на виртуални модели на РР. Резултантният РР след симулиране на обработването чрез ППД в САМ може да се запише като независим 3D САД модел в поддържан от системата файлов формат, който след това да послужи както за проверка на получените характеристики на РР, така и за 3D отпечатването му като прототип.

3. Входни данни и методика за изграждане на виртуални модели на РР чрез САМ софтуер.

Необходимата входна информация за моделирането на РР в САМ софтуера е както следва:

- генерирана и експортирана в *.DXF двумерен САД формат полилиния (виж фиг. 3 а, поз. 2), задаваща траекторията на движение, която следва инструмента, създадена чрез разработен числен математически алгоритъм в MathCAD [2];
- информация за диаметъра на ДЕ, който ще бъде използван за ППД;
- дълбочина h , [mm] на проникване на ДЕ в обработваната повърхнина (пропорционална на приложената сила на деформиране и диаметъра на ДЕ и зависеща от твърдостта на обработвания материал).

За определяне на дълбочината на проникване на инструмента в обработваната повърхнина е необходимо да се проведе предварително експериментално изследване. То се налага, тъй-като САМ софтуерните продукти, независимо че притежават големи възможности за дефиниране на сложни операции за металообработване, то те основно са свързани с методи за стружкоотнемане. При изследването, ДЕ (с предварително известен диаметър) се притиска с определени сили (в рамките на диапазона в който се очаква да се изпълнява процеса за ППД) в образец от материала. Това може да се извърши с помощта на изпитвателна машина за опън-натиск (виж фиг. 2а), като при всяка следваща зададена сила сачмата се притиска в нов участък от материала. Получените по този начин отпечатъци (виж фиг. 2б), имащи съответни диаметри за различните сили на притискане F се измерват (например с помощта на дигитален микроскоп с измервателна скала). Изследването наподобява до голяма степен принципа на измерване на твърдост по метод на Бринел [5], с тази разлика, че в настоящата методика от значение е определянето само на дълбочината h , [mm] на проникване на ДЕ при съответните приложени сили на натиск. Тази дълбочина може да се изчисли с достатъчна за практиката степен на точност, по известната в стереометрията формула:

$$h = \frac{D}{2} - \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}, \quad (1)$$

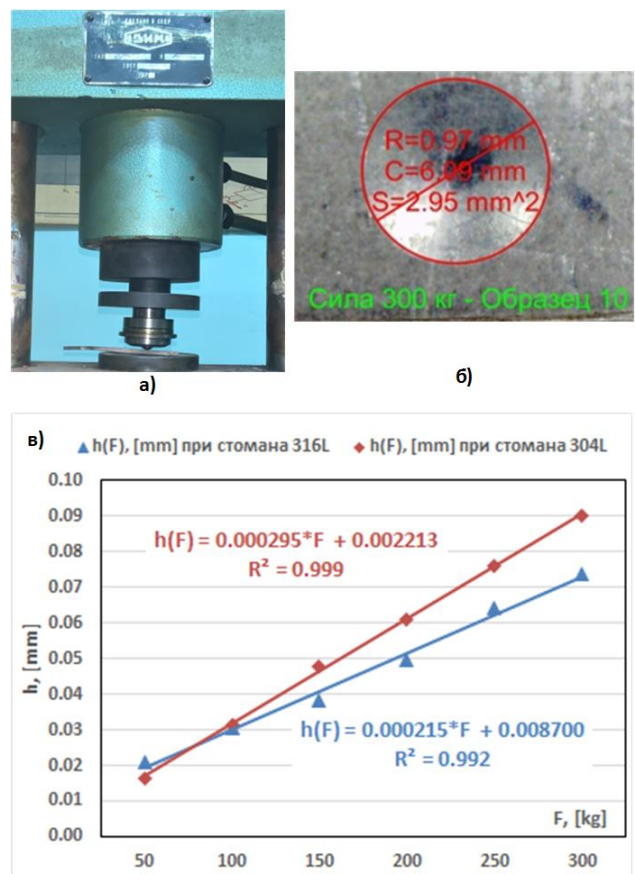
където:

D , [mm] – диаметър на ДЕ;

d , [mm] – диаметър на отпечатъка;

С цел минимизиране на влиянието на случайни фактори при определяне на отпечатъка от ДЕ е препоръчително да се извършат няколко повторения на експеримента (поне петкратно) за дадена сила F , като във формула (1) се замести средноаритметичното на получените резултати за d , [mm].

На фиг. 2 в) са показани експериментално получени по описаната методика зависимости $h=f(F)$, [mm] при диаметър на ДЕ $D = 8$, [mm] и изменение на силата на притискане F в рамките на $50 \div 300$ [kg] за два вида материали: неръждаеми стомани 304L ASTM (Cr18Ni8) и 316L ASTM (Cr17Ni11Mo2).



Фиг. 2. а) Притискане на ДЕ до зададени сили F на машина за изпитване на опън-натиск тип Р-10 ЗИМ (ГОСТ 7855-68); б) Формиран отпечатък от ДЕ в материала; в) Експериментално построени зависимости $h(F)$ при $D=8$, [mm], за листов материал с дебелина $\delta=4$ [mm] от стомани 304L и 316L.

На база на измерените диаметри на отпечатъците $d = 2.R$, при шестте зададени сили на притискане, са изведени съответни линейни регресионни функционални зависимости:

- За материал 304L:

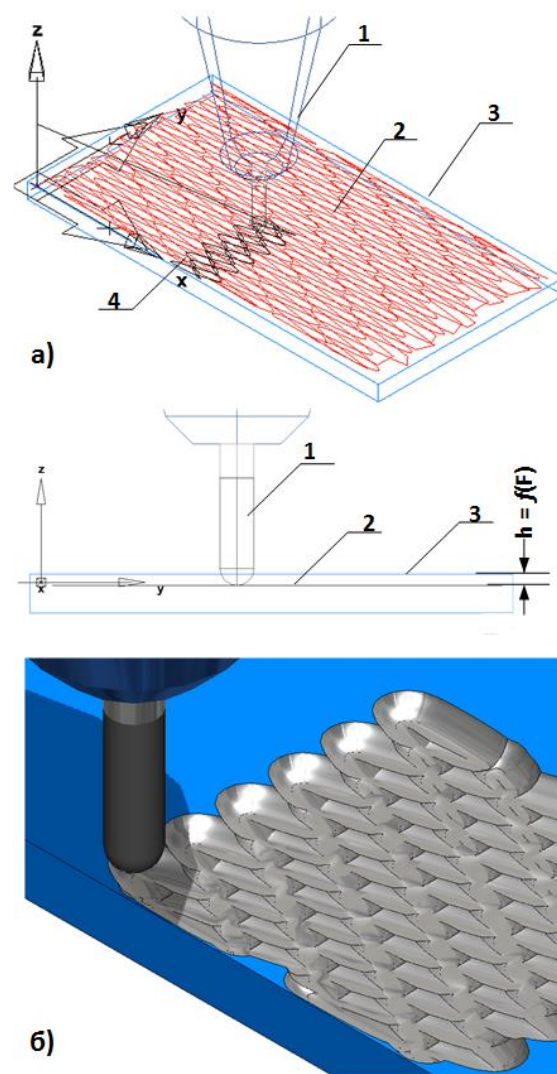
$$h(F) = 0.000295 \cdot F + 0.002213 \quad (2)$$

- За материал 316L:

$$h(F) = 0.000215 \cdot F + 0.008700 \quad (3)$$

След като дълбочината на проникване е определена, с помощта на съответните инструменти за пространствени трансформации на обекти в САМ софтуера, кривата задаваща инструменталния път може да се транслира в отрицателна посока по ос Z , на съответно разстояние h (виж фиг. 3 а), определено чрез формула (2) или (3). Така при симулация на обработването чрез ППД ще се зададе проникване на инструмента, равна на изчисленото проникване h , [mm] на ДЕ елемент в обработваната повърхнина, на база на експериментално получените резултати.

Деформиращия елемент, който е със сферична форма при ППД, необходим за получаване на РР от IV-ти вид (виж фиг. 1 б), се моделира относително лесно в САМ софтуера, тъй като за целта могат да бъдат използвани съществуващи във базата му данни тримерни модели на палцеви фрези с полусферична предна част (използвани при довършителни фрезови операции) и диаметър, еднакъв с този на ДЕ (виж фиг. 3 а, б). При необходимост от по-реалистично представяне на симулацията е възможно да се извършат съответни корекции на размерите на инструмента и да се въведе потребителски модел за държача, така че те да наподобят максимално реалния инструмент за ППД. За целите на получаване на 3D CAD модели на РР обаче това не е задължително. Важно е формата на предната част и диаметъра на избрания инструмент в САМ да са еднакви с тези на ДЕ при ППД.



Фиг. 3. а) Схема за формиране на РР чрез ППД на 3-осна машина с ЦПУ: 1- палцева фреза с полусферична предна част; 2- полилиния, генерирана в Mathcad; 3– призматичен образец; 4- инструментален път, изчислен в САМ софтуера; б) 3D симулация на обработения в САМ софтуера РР.

В примера, показан на фиг. 3, за формиране на РР е използван технологичния компонент “toolpath” от модула за фрезови обработки на САМ системата FeatureCAM (Delcam, Autodesk). В него е указано върха на инструмента – поз. 1 да се води по импортираната от DXF формат полилиния –поз. 2. Също така е зададено обработващия инструмент – поз. 1 да е със сферична предна част и диаметър, еднакъв с този на ДЕ на инструмента за ППД. Освен FeatureCAM, могат да се използват и други САМ софтуерни продукти или модули, които

притежават сходни възможности за водене на инструмента по зададена крива.

4. Входни данни и примерна методика за отпечатване на физически прототипи на PP чрез 3D принтиране.

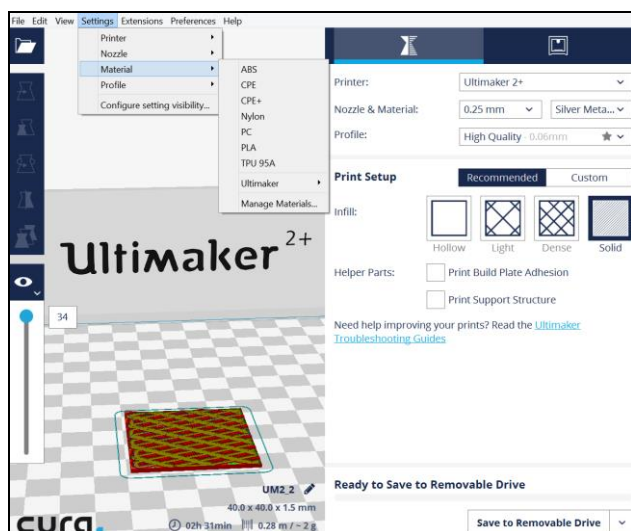
Както бе отбелязано в т 2, след като се извърши 3D симулация на обработката в САМ системата – резултантния тримерен модел, който съдържа и получения PP от обработване може да се експортира и запише като компютърен файл, обикновено в стерео литографен (*.stl) файлов формат. Във FeatureCAM резултата от симулация се съхранява в *.stl файл, чрез използване на командата „Save simulation results” от текстовото меню View>Simulation. Този файл се явява основа за изграждане на 3D физически прототип на PP.

Методическата последователност за създаване на самия физически прототип, зависи от метода използван за 3D принтиране, материала, модела и указанията на производителя за работа със съответното принтиращо устройство.

В настоящата работа, за получаване на физически прототип е използван 3D принтер, модел Ultimaker 2+ (Холандия) [6] (виж фиг. 4 б), както и пълнител от материал тип PLA (polylactide, представляващ биоразградим, биосъвместим, термопластичен алифатен

полиестер, който е мономер на млечната киселина) с диаметър 2.85 [mm]. От комплекта със сменяеми дюзи на принтера е използвана тази с диаметър 0.25 [mm], което позволява да се отпечатват модели с максимална точност на размерите до 0.02 [mm].

За подготовка на STL модела за отпечатване се използва предлагания от производителя специализиран софтуерен продукт CURA 2.3 (виж фиг. 4 а), който се предоставя свободно в комплект с принтера. В CURA се зарежда експортирания от FeatureCAM тримерен модел и се разполага върху виртуалната работна маса на принтера (виж фиг. 4 а). Максималните габарити на модела трябва да бъдат в рамките на работната зона на принтера, която за този модел е 223X223X 305 [mm]. В дясната част на софтуера се избира диаметъра на дюзата, която е монтирана на печатащата глава на принтера, вида на заредения материал, както и точността, с която да се изпълни отпечатването. Също така е възможно да се зададе някоя от възможните четири степени на плътност на модела, с която той да се отпечата. В ляво на графичния прозорец са разположени инструменти за управление на 3D модела, и за преглед на слоевете на който ще се отпечата. В долната част на графичния прозорец се визуализира информация за габаритите на модела, необходимото време и количеството материал,



а)

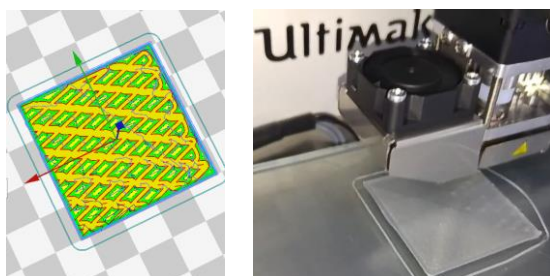


б)

Фиг. 4. а) Потребителски интерфейс на софтуер CURA 2.3 за подготовка на отпечатването на 3D моделите на PP; Общ вид на 3D принтер Ultimaker 2+.

който ще бъде изразходен за отпечатването му.

След като са направени настройките за режима на принтиране, чрез бутона за съхранение, управляващия принтера файл може да се изпрати през USB порт за отпечатване на 3D модела от принтера или да се архивира като файл на компютъра или на външна памет. Принтера може да чете и отпечатва файлове директно от SD тип карти за памет, като дори не е задължително да бъде свързан към компютъра, на който е създаден файла за отпечатване. За разлика от други модели 3D принтери, работната зона на отпечатване на Ultimaker 2+ е отворена, което позволява непосредствен визуален контрол на процеса на отпечатване.



а)



б)

Фиг. 5. а) Ultimaker 2+ в процес на отпечатване на 3D модел на PP; б) Отпечатани 3D модели на PP при три различни полилинии.

Файловия формат (*.gcode), в който се записва информацията за принтера от софтуера CURA е от типа ASCII и се състои от изречения с команди за позициониране на главата на принтера в работното пространство, отнемането ѝ във вертикална посока при полагане на всеки следващ слой, както и за скоростта ѝ на движение. Синтаксиса на изреченията е много близък до този, използван при съставяне на управляващите програми за металорежещите машини с цифрово програмно управление (т. нар. ISO-код).

Ако принтера е свързан през USB с персонален компютър, в специализиран панел на софтуера CURA се визуализира обратна информация за работните температури на масата и на дюзата, които зависят от вида на използвания за отпечатване материал. След започване на отпечатването, по преценка на потребителя, температурите на масата и на дюзата могат да се регулират ръчно от панела за управление на принтера, така че да се компенсира влиянието на температурата на окръжаващата среда върху качеството на отпечатвания модел.

На фиг. 5 а) е показан процеса на отпечатване на 3D модел на PP с помощта на Ultimaker 2+, а на фиг. 5 б) три отпечатани 3D модели на PP при три различни конфигурации на полилинии и дълбочини на проникване h (виж фиг. 3 а, поз. 2).

Необходимо е да се има предвид, че при някои комбинации от полилинии и дълбочини на проникване на деформиращия елемент h , габаритите на клетките от PP, както по височина (по ос Z), така и в равнината X-Y могат да се получат с размери, които са съизмерими или дори по-малки от минималните размери на дебелината на слоя (0.04 mm), който може да осигури 3D принтера Ultimaker 2+. В тези случаи е необходимо моделът да бъде мащабиран с подходящ мащаб на увеличение, така че пропорциите на PP да се запазят непроменени, каквито са и в електронния модел. Това може да се постигне със съответна функция (Scale) както в CAM софтуера, така и в CURA.

5. Резултати и дискусия

Сравнявайки отпечатаните прототипи на PP с реално получаващи се такива, след приложение на процеса ППД става ясно че се наблюдават известни разлики във формата на клетките. Това се дължи най-вече на начина на симулиране на обработката в CAM софтуера, който е програмиран при всички изпълнявани фрезови операции, инструмента, движейки се по зададената траектория, да отнема материал от заготовката. В резултат на това, PP след 3D симулация на зададената обработка в CAM системата, всъщност визуализира каква топография ще се получи, ако операцията е

фрезование по зададената траектория на движение на инструмента (виж фиг. 3 б). Както е известно от източника [1], при процеса за довършваща обработка ППД няма отнемане на материал под формата на стружка. При него под въздействие на приложената върху деформиращия елемент сила и неговото движение по специфична траектория, материала в повърхностния слой на обработваната повърхнина пластично „изтича“ (под формата на вълна) пред деформиращия елемент. В следствие на това, се образуват и специфичните за този вид обработка клетки от РР (виж. фиг. 1 б).

Друг фактор, който също внася известна неопределеност във формата на РР на прототипа е използвания файлов формат (*.stl) за съхранение на 3D CAD модела, след завършване на тримерната симулация на обработката в САМ. За разлика от други CAD формати, при които сложните форми на повърхнините на моделите се описват параметрично, чрез полиноми от втора и по-високи степени, то при стерео литографияния файлов формат, изходния CAD модел се апроксимира с помощта на голям брой равнинни триъгълници [4]. В следствие на това, той представлява дискретно описание на 3D CAD модела с определена степен на точност, която за целите на повечето симулации (и резултати от симулации) на фрезови обработки в САМ софтуера е достатъчна. Например, във FeatureCAM степента на точност в настройките *Simulation options > 2D/3D shaded*, с която се моделира резултата от обработката при 3D симулации, по подразбиране е зададена да бъде 0.06 [mm] в полето *Tool cutting tolerance* [7]. Това означава, че и съхранявания 3D модел в *.stl формат ще бъде създаден с такава точност на размерите. Сравнявайки я с точността на размерите, която може да се постигне от 3D принтера Ultimaker 2+ (0.02 [mm]) се вижда че ако не бъде извършена допълнителна настройка в САМ софтуера, създадения в него 3D CAD модел на формирания РР, ще бъде с 3 пъти по-ниска точност от възможностите на 3D принтера. В източникът [8] се препоръчва толерансът на размерите на 3D CAD модела, записан в *.stl файлов формат да бъде не по-голям от 0.001 [mm] за целите на т. нар. „адитивни технологии“ за производство на физически модели.

6. Заключение

Въз основа на проведените изследвания в настоящата работа, и получените физически прототипи на РР чрез послойно 3D принтиране могат да се направят следните изводи и препоръки:

- Моделирането на РР с използване на САМ софтуер не възпроизвежда напълно формата на реалния релеф, получен след реализиране на процеса ППД. Въпреки това, получените прототипи чрез 3D принтиране по изложената в работата методика могат да послужат за предварителен контрол на формата и габаритните размери на клетките от РР при зададени стойности на режимните параметри на процеса ППД по нова схема.

- Съхраняването на 3D моделите на РР в стерео литографияния файлов формат от САМ софтуера изисква намаляване на толерансите на размерите, с които се симулира получаването му в САМ софтуера, за да се получат и по-точни прототипи.

- Определянето на дълбочината на проникване на деформиращия елемент в обработваната повърхнина h , изисква предварително изпитване при смяна на диаметъра на деформиращия елемент D и на вида на обработвания материал, което налага използване на допълнително изпитвателно оборудване.

- Използваният в настоящите изследвания 3D принтер Ultimaker 2+ е подходящ избор за целите на изследването по отношение на цена, точност на размерите на моделите и време за отпечатване на прототипите на РР.

7. Благодарности

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени по проект НП-19/2016 в рамките на присъщата на ТУ-Варна научноизследователска дейност, финансирана целево от държавния бюджет.

8. Литература

- [1] Schneider Yu. G. Operational properties of parts with regular microrelief, publishing IVA, St. Petersburg, 2001, ISBN 5-7577-0166-8, 261 p.
- [2] Славов Ст. Д., Симеонов Н. Г., Приложение на CAD/CAM софтуерни продукти за създаване и програмиране на специфични инструментални пътища за обработване на равнинни повърхнини, Известия на съюза на учените, Варна, с-я: Техн. науки, 1/ 2013, ISSN 1310-5833, с. 100-107;
- [3] Allavarapu, Santosh "A New Additive Manufacturing (AM) File Format Using Bezier Patches." Electronic Thesis or Dissertation. University of Cincinnati, 2013. <https://etd.ohiolink.edu/> (05.12.2016)
- [4] Sebastian Hällgren, Lars Pejryd, Jens Ekengren, 3D Data Export for Additive Manufacturing - Improving Geometric Accuracy, Procedia CIRP, Volume 50, 2016, Pages 518-523, ISSN 2212-8271, <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.046> (05.12.2016);
- [5] ISO 6506-1:2014 «Metallic materials — Brinell hardness test — Part 1: Test method».
- [6] <https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-2-plus>, официален уебсайт на Ultimaker 2+ (05.12.2016);
- [7] <http://forum.featurecam.com/viewtopic.php?t=56> (форум на FeatureCAM), (07.12.2016);
- [8] <http://www.additivemanufacturing.media/articles/machining-from-stl-files> Machining From STL Files, (09.12.2016);

За контакти:

Технически университет - Варна, секция „Машиностроене и транспорт”.

доц. д-р инж. Стоян Славов – sdslavov@tu-varna.bg

доц. д-р инж. Кирил Киров – kirov@tu-varna.bg

AN ANALYSIS OF THE APPROACHES FOR PRODUCTION COST CALCULATIONS OF MACHINE BUILDING PRODUCTION APPLIED IN INDUSTRIAL COMPANIES

АНАЛИЗ НА ПОДХОДИТЕ ЗА ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕНАТА СЕБЕСТОЙНОСТ НА МАШИНОСТРОИТЕЛНА ПРОДУКЦИЯ В ИНДУСТРИАЛНИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Stoyan D. Slavov, Pencho D. Dimitrov

Abstract: This article describes the problems when using not effective methods of determining the cost price of production in the most mechanical engineering enterprises in Bulgaria. The essence and application of traditional (i.e. "The accounting") methods and their advantages and disadvantages are described. The advantages of "engineering approach" (based on the manufacturing technology) to determine the cost of manufacturing products are also represented. An analysis between the two main approaches is made and conclusions about the possibilities of enhancing the competitiveness of enterprises perceiving engineering approach for determining the production costs are defined.

Key words: engineering management; standard-cost; direct-cost; method of production cost;

1. Въведение

След настъпване на рецесията от 2008г. и все още не напълно отминалото влияние върху икономическото развитие на бизнес компаниите у нас (и по света), независимо дали са производствени или в сферата на услугите, фирмите станаха изключително предпазливи при вземане на решение за инвестиране в нови технологии и оборудване. Инвестициите в дълготрайни активи и в дългосрочни високотехнологични проекти загубиха своя темп, достигнат от преди икономическата криза. Предприятията минимизират вложенето на финансов ресурс в сферата на научно-приложните технологии, а това води и до спад на усъвършенстването на експлоатираните от тях производствени процеси. До скоро стремежа на производствените предприятия бе постигане на високо качество на продукцията за сравнително разумна цена. Но през последните няколко години тази практика търпи промяна.

Пазарите в днешно време претърпяват тенденциозни промени по отношение на параметъра цена-качество. Понастоящем, стремежа на мениджмънта на много български машиностроителни предприятия (а и не само) е формиране на максимално ниска себестойност, за сметка на възможно по-кратък гаранционен

експлоатационен ресурс на произвежданите изделия. Днес предприятията изпитват изключително големи затруднения да поддържат конкурентни цени при запазване на изискуемото качество на предлагания продукт, като това важи с особена сила за машиностроителния бранш. До голяма степен това се дължи и на масовата световна инвазия на стоки с азиатски произход. Това принуждава средните, малките и микро-предприятия да работят на ръба на печалбата или дори при отрицателен финансов резултат от производството и реализацията на един продукт за сметка на друг. Тенденцията е, че все по-малко производствени бази остават на територията на традиционно силни в технологично отношение страни на континенти като Европа, Северна и Южна Америка, и се пренасят в държави като Китай, Индия, Корея, Япония, Сингапур и т.н.

Тази прогресираща концентрация на технологичен потенциал в един регион често води до пагубни последици за компаниите останали „да се борят“ в съответните държави в които са възникнали и понастоящем се намират. Тази промяна, заедно с ограничените инвестиции в научно-приложното развитие на технологиите влошава все повече състоянието на компаниите. Друга тенденция, която се наблюдава е че голяма част от машиностроителните предприятия на практика са „скъсали връзката“ си с научните институции в Р. България. За оптимизиране на

производствените си процеси те разчитат само на собствените си специалисти, като в най-добрия случай се стремят да развиват свои собствени развойни отдели, които да оптимизират отделни операции и/или технологични процеси. Това води до капсулиране на откритията и иновациите само в рамките на конкретна фирма и дори в отделни производства в рамките на организацията. По този начин малките и средни по големина фирми, нямайки възможността за подобен тип инвестиция, губят своите пазарни позиции и това неминуемо води до техния крах.

2. Проблеми при определяне на себестойността на продукцията.

Оценката за успешно функциониране на една бизнес организация се определя от крайния финансов резултат за определен период. Колкото по-голяма е разликата между разходите (инвестиционни и експлоатационни) и приходите, толкова печалбата е по-голяма, следователно компанията е по-успешна. Към този резултат се стремят абсолютно всички бизнес организации. Ето защо, голяма част от производствените предприятия, борейки се за пазарен дял преосмислят своите организационни структури на управление, методики и принципи на организация. За да се осъществи това трябва собствените развойни отдели на организациите да се опитат да намерят правилния път, стъпвайки на база опит и литературни източници или да наемат външни консултанти, които да извършат това. За по-голямата част от малките и средни компании в машиностроителния бранш обаче, наемането на външна фирма консултант, която да се „справи с проблема“, често е непосилна задача.

В такава ситуация, за да подобрят своите финансови резултати те е необходимо да предприемат мерки, като променят частично или изцяло принципа си на определяне на производствена себестойност, така че той да дава възможност както за традиционното счетоводно окачествяване на крайния продукт, така и да отговаря на настъпващите динамични промени в технологичен аспект. С тази задача се заемат както счетоводни отдели и дружества, така и

инженерно-технологичните такива.

Като всеки принцип и счетоводния има предимства и недостатъци. Едно от считаните за основно положително качество на този метод е възможността за бързо и своевременно определяне на себестойността на крайния продукт. Това е така, защото е изключително важно при появата на нови заявки (поръчки) от страна на клиенти, да се демонстрира бърза реакция и отговор, а всеки клиент цени това. Обикновено проблема на този „бърз“ отговор е, че не е прецизиран напълно в съответствие с технологичния маршрут за изработка на изделия и вложения технологичен ресурс за реализацията му. По този начин инвестицията от производителя за инструменти, оборудване и нестандартни прибори остава скрита (неясна), а вложената сума за обезпечаване на цялата необходима екипировка бива обобщена чрез коефициент(и) от продавната цена. В определени ситуации това може да има както положителен, така и отрицателен резултат. Така например за даден продукт реалната производствена себестойност може да бъде в пъти по-малка от заложената, а в други да бъде в пъти по-голяма и предприятието да продава на загуба (дори без да го осъзнава). Следователно е резонно да се счита че използването на твърд(и) коефициент(и) за калкулиране на производствените разходи, е предпоставка за сравнително голяма неопределеност в определянето на ефективната крайна себестойност на изделията от гледна точка на производителя.

Ето защо, основна цел на настоящата работа е да се извърши сравнение между прилаганите методи за определяне на производствената себестойност на машиностроителната продукция от гледна точка на гъвкавост и бързина при отчитане на разходите за технологично осигуряване на производството ѝ.

3. Традиционен (т.нар. „счетоводен“) подход за определяне на себестойността на продукцията.

Специалистите в областта на управленско счетоводство търсят възможност за прилагане на

по-съвременен принцип за калкулиране на себестойността на продукцията и услугите, който в максимална степен да отговаря на потребностите на новите високи технологии в производството и на върховите достижения на научно-техническия прогрес. Счетоводните принципи обикновено се базират на така наречените нормативни методи. Тази методика може да срещне в литературата като „standard-cost” или „direct-cost” [1,2,3]. Тези системи според специалистите съдържат редица рационални моменти за усъвършенстването на калкулационния процес.

В основата на стандартните системи за калкулиране на себестойността стои предварителното изработване и опитно експериментирание на научно обосновани стандарти (норми) за разход на суровини, материали и труд при производството на продукцията. Тези стандарти трябва да бъдат максимално съобразени с възникналите разходи при производството на съответното изделие. Освен това, за да бъдат приложими тези норми следва постоянно да се актуализират и то за възможно най-кратки периоди от време, за да може по този начин да се отчита всяка поредна промяна в организационно-техническите условия на производството. Само по такъв начин стандартната система за калкулиране ще бъде най-подходяща и съобразена с конкретните условия на производството.

Прилагането на стандартните системи за калкулиране налага и някои изменения в традиционните вътрешно-заводски документи, използването на нови реквизити в тях, или ако е необходимо цялостната им подмяна. Тези документи трябва да позволяват разграничаването на плановите разходи от отчетните такива, а така също следене на отклоненията на отчетните разходи от нормативните. В този смисъл внедряването на така наречената „сигнална документация” за следене на отклоненията от стандартните, т.е. нормативните разходи става неизбежно. В противен случай няма да могат да бъдат проследени отклоненията от плановите разходи, като това ги остава в неизвестност кога, как и къде са възникнали, а от там и как да бъдат

ограничени или минимизирани. Затова тези условия са задължителни за успешното внедряване и функциониране на стандартните системи за калкулиране на себестойността. При разработването и внедряването на стандартните системи е необходимо да се съблюдават следните принципи и изисквания:

1. определяне на планова себестойност на изделията, съгласно действащите научно обосновани разходни норми на изделията;
2. сигнализиране по подходящ начин на възникване на отклонения от стандартните разходи;
3. отчитане на измененията на действащите стандарти;
4. определяне на отчетната себестойност на продукцията.

На базата на тези принципи основния модел на стандартните системи за калкулиране най-често се представят чрез следната зависимост:

$$OC = PC \pm VO \pm IC, \quad (1)$$

където:

OC – отчетна стойност;

PC – планова стойност;

VO – възникнали отклонения;

IC – изменения в стандартите;

Нормативната себестойност се определя чрез нормативна и стандартна калкулация, която следва да бъде съобразена с изискванията на отчетно-калкулационния процес в момента. Наред с това, стандартната себестойност трябва да има оперативен характер, като тя следва да се актуализира непрекъснато в съответствие с настъпилите изменения в разходните норми, които са продиктувани от промени от организационно-техническите условия на производството. Измененията в стандартите могат

да бъдат положителни или отрицателни в зависимост от това дали те допринасят за увеличаването или намаляването на стандартната себестойност.

За проследяването на измененията в стандартите се използват основно следните методи:

а) **метод на сигналната документация** (виж фиг. 1) – дава възможност да се отразяват в специални сигнални документи във всички разходи още в момента на тяхното извършване, които разходи представляват само отклонения от нормите. Сигналните документи са различни по цвят и по форма и чрез тях се получава информация за размера на разходите, които представляват отклонения от стандарта, а така също за времето и мястото за възникването на тези отклонения;



Фиг.1 Взаимовръзка между стандартна, актуална и изменена

б) **инвентарен метод** – допълва метода на сигналната документация и се прилага в случаите, когато отклоненията в стандартите не са регистрирани чрез сигналните документи;

в) **система от подходящи счетоводни сметки** – характерно е това, че за разлика от счетоводните сметки, имащи пряко отношение към съставянето на Годишен Финансов Отчет, тези сметки отразяват и предоставят информация за отклонения от стандартите, която информация е необходима за вътрешна употреба за мениджърските екипи в предприятието.

4. Инженерен (Технологичен) подход за определяне на себестойността на продукцията.

Други алтернативни принципи за определяне на себестойността на продукцията са развивани и въвеждани от инженерни отдели и организации. В западните страни все по-често се срещат отдели с наименованието „engineering management” [6,7]. В България това все още е трудно забележимо и може да се срещне само в по-напреднали български предприятия или чуждестранни такива, установени на родна територия. Част от задачите на специалистите, занимаващи се с това, е да определят и изчисляват вариантите за производствена себестойност на крайния продукт. Инженерния метод за калкулиране обикновено е базиран не на счетоводни норми и субективни коефициенти, а на реализирания технологичен маршрут и особености на производствената среда на съответното предприятие. При него се взема предвид цялата организационна структура на предприятието, всичките експлоатирани машини и оборудване, необходими за реализацията на съответната продукция, трудът вложен за нейната реализация и периферните разходи, съпровождащи производството. Обикновено при инженерните принципи „перата“ при определяне на себестойността на продукцията се структурират в отделни редове разделени по смисъл и тип на разхода [9,10]:

- **Material** – тази стойност отговаря на направените разходи за материали, необходими за реализацията на крайни продукт;

- **Labor** – към тази стойност се отнася сумарната стойност за труд на служители от организацията, която е натрупало изделието при неговото производство;

- **Burden** – към тази стойност се отнасят разходите за екипировка, машини и използвано оборудване за отделните операции;

- **SG&A** (Selling, General and Administrative Expenses) – тук са включени разходите за съществуване на самата организация, т.е. труда на служителите, нямащи пряко отношение при производството на изделието, но участващи в

структурата на организацията като ръководители, инженерни отдели, общи работници, складови служители и т.н. Също така към този ред е включена и съответната техническа поддръжка на машините и оборудването, разходи за наем и реклама;

• **Profit** – към това „перо“ е отнесена печалбата за съответното изделие. Начина на нейното определяне може да бъде различен, както за всяко предприятие, така и за всеки различен продукт. Зад тази стойност стоят много обективни и субективни фактори. Такива могат да бъдат:

- Предварителни договорености между доставчик-клиент на база прогнози продажби.

- Срок за доставка на продукта – при евентуално желано от клиента ускоряване на производството с цел по-скорошно обезпечаване. Това може да доведе до пре-организиране на производствената програма на доставчика и таксуване на клиента допълнително заради опционалното ускоряване на производството.

- Високо-технологичните продукти могат да бъдат продавани с по-голяма процентна печалба.

- По-висока печалба може да стои и в ситуацията, когато продаваното изделие е патентовано и защитено от Патентното Водомство.

Разделянето на съответните разходи по нива, проследяването им по реализационния технологичен маршрут дава възможност за локализиране на „слаби“ резултати по производствената технология и съсредоточаване на инженерен ресурс за подобряване съответните параметри.

За предварително определяне на планова себестойност на изделието се разработва принципен технологичен маршрут. Стремешът е при евентуално производство на съответния продукт реализираната операционна технология да се доближава максимално до принципната, а от там и плановата себестойност да бъде възможно най-близка до отчетната. Колкото предприятието „познава“ по-добре своята технологична среда, толкова грешката между планова и отчетна себестойност ще бъде по-малка. А по този начин и обявените пазарни цени на изделията ще бъдат точно определени.

5. Дискусия

Сравнявайки разгледаните подходи при определяне на себестойността на продукцията, прави впечатление, че всеки от методите носи със себе си своите плюсове и минуси. На пръв поглед и двата принципа водят до някакъв резултат за предприятията, но вглеждането в дълбочина дава предимство на технологичния спрямо традиционния (счетоводен) метод. За постигане на съпоставими цени спрямо тези, на производителите от далечния изток и качество, отговарящо на най-високите съществуващи стандарти е необходим не само общо-счетоводен „поглед“ на себестойността на изделието, а вникване в неговата производствена технология и оптимизирането ѝ до достигане на крайни параметри отговарящи на изискванията за цена-качество. Счетоводните практики се „задъхват“ в така създалата се конкурентна ситуация на мигриране на производствените мощности към далечния изток. За достигане на оптимална крайна себестойност на конкурентна цена е необходимо погледът да бъде през парадигмата на съществуващата технологична среда. От тази страна инженерния метод за определяне на себестойност дава редица предимства, като част от тях са:

- сравнително прецизна себестойност на разработваното изделие, още от етапа на инженерната му разработка.

- възможност за гъвкаво определяне на производствената себестойност на изделието и наблюдаване нейното изменение с промяна на възможните технологични маршрути за неговото производство.

Това са само една част от предимствата на метода – Технологичен Инженерен Метод за определяне себестойността на продаваните изделия в сферата на машиностроенето. Стандартните методи трудно могат да дадат тази гъвкавост, прецизност и конкурентоспособност.

6. Заключение

За да са конкурентоспособни на съвременните пазари индустриалните предприятия трябва непрекъснато да развиват и усъвършенстват своята продукция, което изисква и съответни (често сериозни) инвестиции в развойна дейност, осигуряването на които се явява едно от основните затруднения за повечето от тях. Това се дължи както на условията на икономическата среда в която оперират, така и на неефективните методи за определяне на себестойността на продукцията си, които експлоатират. Голяма част от тях използват готови или привнесени счетоводни модели, които не винаги са приложими за конкретното производство и вместо да прецизират себестойността на продукцията, те я калкулират на обобщен принцип, а това не гарантира че тя ще е оптимална за всеки конкретен случай на производство на дадено изделие или изпълнение на поръчка на клиент. За да може да се постигне сравнително бързо и адекватно ценообразуване на продукцията, е възможно единствено чрез разработване и внедряване на инженерно ориентирани технологични методи за определяне на себестойността ѝ. Ето защо, търсенето на нови подходи за гъвкаво, адекватно и бързо калкулиране на производствената себестойност е особено актуален проблем пред българските машиностроители предприятия. Това ще им позволи да избягват случаите, в които им се налага да произвеждат ниско рентабилно (или в определени случаи дори „на загуба“), но и ще спомогне да получат възможност за натрупване на средства за развойна дейност, която да им позволи разработване и внедряване на иновации в продуктите си и системата си за управление, което от своя страна ще доведе до повишаване на конкурентоспособността им.

7. Литература

[1] Cleopatra Sendroiu & Costantin Roman, 2007. "The Standard-cost Method: the Best Answer for the Effective Management of the Value Side of the Manufacturing Process and Raising Economic Efficiency," Theoretical and Applied Economics, Asociatia Generala a Economistilor din Romania - AGER, vol. 5(5(510)), pages 41-44, May.;
[2] Cleopatra Sendroiu & Aureliana Geta Roman & Costantin Roman, 2006. "Using Standard-Sole Cost Method for Performance Gestion Accounting and Calculation Cost in the Machine Building Industry," Theoretical and Applied Economics, Asociatia Generala a Economistilor din Romania - AGER, vol. 7(7(502)), pages 81-84, September.;

[3] Edwards J R, Boyns T, Matthews M. Standard costing and budgetary control in the British iron and steel industry: A study of accounting change [J]. Accounting, Auditing & Accountability Journal, 2002, 15(1): 12–45 pp.;
[4] Chenavaz R. Dynamic pricing, product and process innovation [J]. European Journal of Operational Research, 2012, 222(3): 553–557 pp.;
[5] Tang S Z, Wang D L, Ding F Y. A new process-based cost estimation and pricing model considering the influences of indirect consumption relationships and quality factors [J]. Computers & Industrial Engineering, 2012, 63(4): 985–993 pp.;
[6] Xiang Gu, " Research on the cost control and estimation of engineering management," 2010, *IEEE International Conference on Advanced Management Science(ICAMS 2010)*, Chengdu, 2010, pp. 497-499.;
[7] Olga V. Didkovskaya, Olga A. Mamayeva, Marina V. Ilyina, Development of Cost Engineering System in Construction, *Procedia Engineering*, Volume 153, 2016, Pages 131-135, ISSN 1877-7058, <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.092>;;
[8] Лапенков В.И., Сангадиев З.Г. Техничко-економически анализ деятельности предприятия: Учебное пособие. – Улан-Удэ.: Изд-во ВСГТУ, ISBN 5-89230-063-3, 2000.- 240 с.;
[9] Джефри К. Лайкър, Пътят на Toyota: 14 управленски принципа от най-големия производител в света, Рой комюникейшън, ISBN 954-9335-03-8, 2005, 342 стр.;
[10] ПАН, Фондация „ИнжКУБ“, Някои понятия от Общо понятийната система на Инженерно Доминиран Управленски модел на Бизнес-единицата (ОС на ИНЖДУМ Б), София, 2012;
[11] Коева-Димитрова, Любомира, Единство и различие между методите за отчитане на разходите и методите за калкулиране на себестойността, сп. Здравна икономика и мениджмънт, бр. 2, 2014 ИК "Стено", Варна, стр. 3-15;
[12] Колев Николай, Опит в проектирането на производствена система за калкулиране на себестойност на единица продукт или услуга, Годишник на БСУ, 2013, том XXIX, ISSN 1311-221-X.

За контакти:

Технически университет - Варна, секция „Машиностроене и транспорт“.

доц. д-р инж. Стоян Славов – sdslavov@tu-varna.bg

USING THE FRACTAL MATHEMATICS TO SOLVE PRACTICAL TECHNICAL PROBLEMS

Tsvetanka Kovacheva

Abstract. In the paper are introduced the basic notions of the theory of fractals, their properties and types. The methods for generation of fractals and the calculation of their dimension are shown. Some fractal applications in various scientific and technical fields are provided.

Kew words: fractal, fractal geometry, dimension, self-similarity, attractor, multifractal

1. Introduction

Fractals are some of the most interesting and beautiful mathematical objects that have amazing properties. Each part of them contains their reduced images (Fig.1).



Fig.1 Fractals

The fractals are associated with the word chaos. They have sometimes chaotic behavior thus might look disordered and random. The fractals change the views for the geometrical properties of the natural and artificial objects. A lot of objects in nature have fractal structure - coastline, circulatory system and a system of alveoli in human and animals, lightning, clouds, tree crowns, etc. (Fig.2)

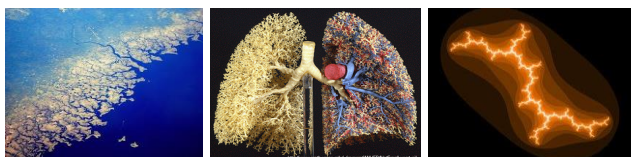


Fig.2 Natural fractals

2. Fractals

2.1. Basic concepts and properties

The first fractal is the pentagon of A. Durer (1525) (Fig.3).

The term *fractal* was introduced in 1975 by the French mathematician Benoit Mandelbrot as self-similar objects with uncertain dimension (boundaries of islands, noises of electric lights, etc.). In 1977 he published his book "The Fractal Geometry of Nature". In his words: "... between the uncontrollable chaos and the strict order of Euclid there is already a new zone - that of the fractal order ..." [5].

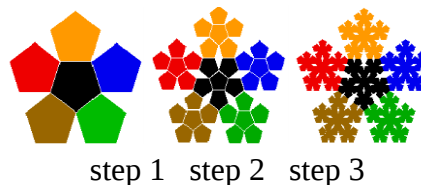


Fig.3 Pentagon of Durer

There is no exact definition for a fractal. Most commonly a *fractal* is called an object which structure consist of parts similar to it.

More important properties of the fractals [4,5]:

- *self-similarity* - presence of repetitive structure, i.e. exact or approximate match of the fractal with part of itself. In Fig.4 are enclosed three self-similar parts of the Sierpinski triangle;
- *complex structure* regardless of the zooming;
- *invariance concerning the change of the scale* - the fractal is similar to itself at all levels;
- *can be built with recursive or iterative procedures*;
- *it has a fractional (fractal) dimensionality D .*

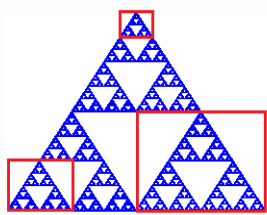


Fig.4 Self-similar parts

2.2. Types of fractals

According to the way of defining and generating the fractals, they are divided into three groups [1,4]:

- *geometric* - obtained upon repetition of geometric transformations infinite number of times. Classic examples are the Cantor set, Gosper curve, Koch snowflake, Sierpinski carpet, Sierpinski triangle (Fig.5a-e).

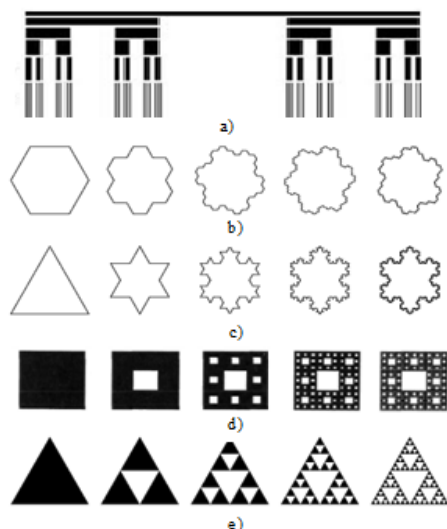


Fig.5 Geometric fractals

- *algebraic* - the construction is done with algebraic formulas, as the calculations are repeated many times until the implementation of a certain condition. For example, the Mandelbrot and Julia sets, Newton basins, biomorphs (Fig.6a-d).

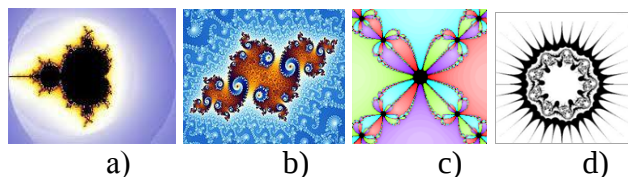


Fig.6 Algebraic fractals

- *stochastic (random)* - generated by stochastic process. The most simple stochastic

fractal is the trajectory of a particle that is engaged in Brownian motion (Fig.7).

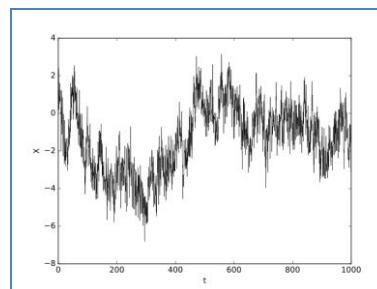


Fig.7 Brownian motion

The fractals may be classified according to their self-similarity. There are three types of self-similarity:

- *accurate* - the fractal is identical in different scales. It is composed of smaller versions of itself. Such are the geometrical fractals;

- *quasi-self-similarity* - the fractal looks approximately, but not completely identical in different scales. It contains in itself its own small copies in deformed and degenerated forms. Examples of these are the Mandelbrot and Julia sets;

- *statistical* - the fractal has numerical or statistical characteristics, which are retained in different scales. Examples of them are the random fractals, which have the weakest form of self-similarity.

According to their dimensionality D the fractals are:

- *one-dimensional* ($0 < D < 1$) - Cantor set (Fig.5a);

- *two-dimensional* ($1 < D < 2$) - Sierpinski triangle (Fig.5e) and quadrangle (Fig.5d);

- *three-dimensional* ($2 < D < 3$) - Menger sponge (Fig.8a) and Sierpinski sponge (Fig.8b).

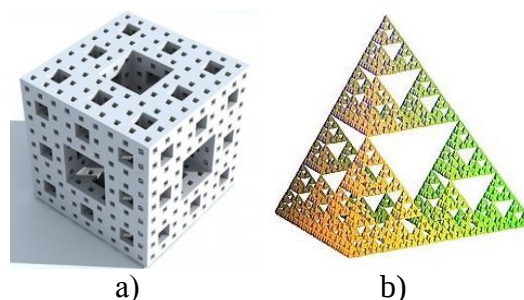


Fig.8 Three-dimensional fractals

2.3. Ways to generate fractals [4]

2.3.1. Fractals obtained by geometric transformations

Depending on the type of the iterations, fractals can be obtained according to the following two ways:

A. Replacement iteration - it begins from a figure (initiator) S_0 , which is divided into parts and forms another figure (generator) S_1 , each part of it is replaced by the figure S_1 in the appropriate scale. The procedure is repeated several times until obtaining the desired fractal. The increase in the number of iterations makes fractals more accurate. In Fig.9 are shown the first three steps of the construction of the Koch curve.

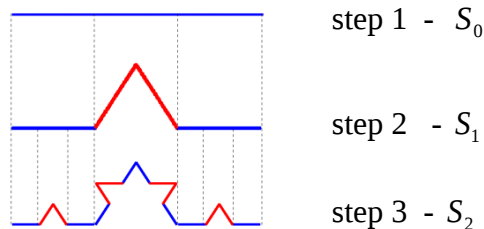


Fig.9 Construction of Koch curve

Another approach for generating a fractal is by removing a part of it from the initial figure and by repeating this many times for each remaining part of the figure until obtaining the fractal. For example - the Sierpinski triangle (Fig.10) - the midpoints of the sides of an equilateral triangle are joined and the internal triangle is removed, which is repeated for each remaining part.

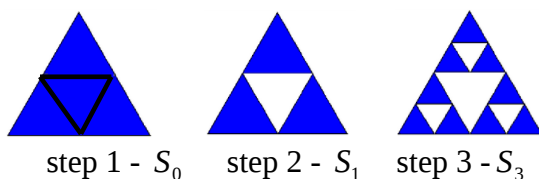


Fig.10 Construction the Sierpinski triangle with replacement

B. Iterative Function System (IFS) - a system of functions, which transforms one multidimensional space to another. Barnsley offers a method by which a two-dimensional image is encoded with a few simple affine transformations

$$\begin{aligned} x' &= Ax + By + C \\ y' &= Dx + Ey + F \end{aligned} \quad \text{or} \quad \begin{pmatrix} x_{n+1} \\ y_{n+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ D & E \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_n \\ y_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} C \\ F \end{pmatrix} \quad (1)$$

where - A, B, C, D, E, F - coefficients.

For the three-dimensional fractals ($2 < D < 3$) are necessary another three parameters for the third axis.

The method is based on the replacement of a figure with several smaller figures. Geometric transformations of the type translation, scaling, rotation, mirror reflection and inversion are used. When the transformation coefficient is less than one, according to the Banach theorem, in the reduced copy exists a single fixed point called *attractor*.

For example the construction of the Sierpinski triangle may be done also by using an IFS (Fig.10).

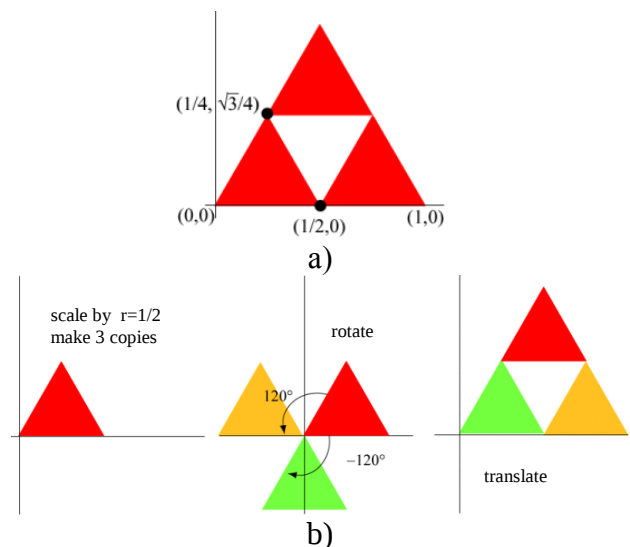


Fig.11 Construction Sierpinski triangle with IFS

Let the bottom side of the output set S_0 of the triangle lies on the axis Ox and has vertices $(0,0)$ and $(1,0)$ (Fig.11a). Three copies of S_0 each with a coefficient of $r=1/2$ are scaled. Two of them are translated to the formation of the appropriate arrangement. The set S_1 is obtained by applying the following IFS

$$f_1(x) = \begin{pmatrix} 1/2 & 0 \\ 0 & 1/2 \end{pmatrix} x,$$

$$\begin{aligned} f_2(x) &= \begin{pmatrix} 1/2 & 0 \\ 0 & 1/2 \end{pmatrix} x + \begin{pmatrix} 1/2 \\ 0 \end{pmatrix}, \\ f_3(x) &= \begin{pmatrix} 1/2 & 0 \\ 0 & 1/2 \end{pmatrix} x + \begin{pmatrix} 1/4 \\ \sqrt{3}/4 \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (2)$$

The subsequent sets are obtained by consistent application of an IFS to each preceding one. The Sierpinski triangle presents itself as an attractor of this system.

From the rotational symmetry of the equilateral triangle follows that there is a second IFS of the type

$$\begin{aligned} f_1(x) &= \begin{pmatrix} -1/4 & \sqrt{3}/4 \\ -\sqrt{3}/4 & -1/4 \end{pmatrix} x + \begin{pmatrix} 1/4 \\ \sqrt{3}/4 \end{pmatrix}, \\ f_2(x) &= \begin{pmatrix} 1/2 & 0 \\ 0 & 1/2 \end{pmatrix} x + \begin{pmatrix} 1/4 \\ \sqrt{3}/4 \end{pmatrix}, \\ f_3(x) &= \begin{pmatrix} -1/4 & -\sqrt{3}/4 \\ \sqrt{3}/4 & -1/4 \end{pmatrix} x + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (3)$$

The geometric presentation of obtaining S_1 is shown in Fig.11b.

2.3.2. Fractals generated by iteration procedure with a set function

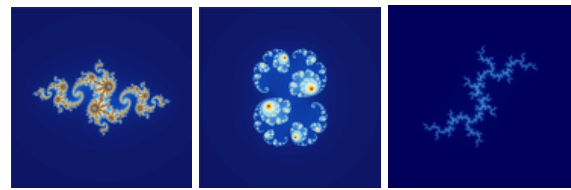
This method of generation is based on the use of mathematical formulae in which are obtained algebraic fractals. They are obtained by non-linear processes in n -dimensional spaces. The two-dimensional processes are the most well studied. Each non-linear dynamic system has several steady-states (attractors), each of which has a region of initial states. In this way the phase space is divided into domains of attraction of the attractors.

Some of the most famous algebraic fractals are the following. *The Mandelbrot* (Fig.6a) and *Julia* (Fig.6b) sets are obtained using one and the same iteration formula

$$z_{n+1} = z_n^2 + c, \quad c \in \mathbb{C} \quad (4)$$

as the difference is in the selection of the initial value z_0 . At the first set $z_0 = 0$, and in the second - $z_0 = z$ is changed. The process continues until z_{n+1} goes outside a central circumference with a radius of 2 or after a sufficient number of iterations passes through a point on the circumference. There is an infinite

number of Julia sets for each possible value of the constant (Fig.12), which defines its shape.



$c = -0.8 + 0.156i$ $c = 285 + 0.01i$ $c = -0.8i$

Fig.12 Julia sets

The Newton basins (Fig.6c) are fractals in the complex plane, identified by applying the Newton's method for finding the zeroes of a function of a complex variable $f(z)$, in the particular case polynomial $p(z)$

$$z_{n+1} = z_n - \frac{p(z_n)}{p'(z_n)} \quad (5)$$

When selecting different initial approximations z_0 , the process (5) is convergent to different roots of the equation. The boundaries of the regions of the roots have fractal structure and the solutions themselves are *strange attractors* (attractors with fractional dimensionality and chaotic structure).

The color of each point z from the plane reflects the root and/or the necessary number of iterations for reaching a specific accuracy of the solution when applying the method with an initial value z (Fig.13).



a) $z^3 - 1 = 0$ b) $z^4 - 1 = 0$ c) $z^5 - 1 = 0$

Fig.13 Newton basins

2.3.3. Fractals obtained by random iterations

When in the iteration process randomly are amended some of its parameters are obtained random fractals similar with natural objects - asymmetrical trees, carved coastline, terrain relief, clouds, sea waves, etc. A typical example is the *plasma* (Fig.14). It is plotted by determining a color for each corner of a given rectangle. The color of its central point is the arithmetic mean of the colors of the angles by adding a random number.

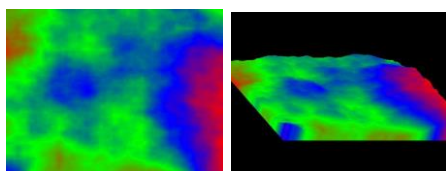


Fig.14 Plasma

2.4. Determination of fractal dimensionality

In 1919, the German mathematician Felix Hausdorff determined α -measure for each $\alpha \geq 0$, as to each set in the Euclidean space compared a number called metric dimensionality. More over he brought the first examples of sets with fractional dimensionality - Cantor set, Koch curve, etc.

For determining the fractal dimensionality D are used the methods specified in Table 1 [2,4].

Table 1. Determination of fractal dimensionality

Method	formula
similarity to a single object	$D = \frac{\ln N_l}{\ln l}, l^D = N_l$
similarity to objects containing self-similar components	$D = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{\ln N(h)}{\ln(1/h)}$
counting cells	$D = \frac{\ln N(h)}{\ln(1/h)}$
Geometric	$D = k + 1 = \frac{\ln p}{\ln(1/h)} + 1$

where - l – number of the divisions by a set single object, N_l - number of the obtained smaller self-similar objects, which cover its entire length, area or volume of the object; h - size of the elementary structure, $N(h)$ – number of the elementary structures with size h , which cover the entire object; h - size of the squares, into which is divided the region where the fractal is placed, $N(h)$ - number of full cells; p is the perimeter of the fractal, h – scale used for its measurement, k – angle coefficient (slope) of the straight line from the graph of $\ln p$ depending on $\ln(1/h)$.

The method of similarity to a single element is used for fractals, which are composed of exact copies of themselves. The dimensionalities of some self-similar fractals are calculated in Table 2.

The dimensionality of the fractals can be determined also by the method of *similarity to objects containing self-similar components*.

For example for the Sierpinski triangle - after determining the sets S_0 and S_1 (Fig.10), is obtained a decreasing sequence of closed sets S_0 ,

$S_1, \dots, S_n$, where $S_n \subset S_{n-1}$ and $S = \bigcap S_n$.

The set S_n consists of $N(h) = 3^n$ equilateral triangles with sides with a length of $h = 1/2^n$. According to a formula from Table 1 the dimensionality is

$$D = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{\ln N(h)}{\ln h} = \frac{\ln 3^n}{\ln \frac{1}{2^n}} = \frac{n \ln 3}{n \ln 2} \approx 1.58$$

The dimensionality is the same as in Table 2.

The method of similarity is not applicable when measuring the dimensionality of sea coasts, clouds, etc. In that cases all the lines have different sizes and require different zooms. The *geometric method* or the *Richardson slope method* are used as the dimensionality is determined by adding 1 to the slope k of the straight line from the graph of the ratio $\ln p / \ln(1/h)$ (Fig.15).

Table 2. Method of similarity to a single element

Fractal	l	N_l	D
Cantor set	3	2	$\ln 2 / \ln 3 \approx 0.63$
Koch curve	3	4	$\ln 4 / \ln 3 \approx 1.26$
Sierpinski triangle	2	3	$\ln 3 / \ln 2 \approx 1.58$
Sierpinski quadrangle	3	8	$\ln 8 / \ln 3 \approx 1.89$
Menger sponge	3	20	$\ln 20 / \ln 3 \approx 2.73$

The cell counting method is used if size measurement is not required for calculating the fractal dimensionality. For example, if the fractal Box (Fig.16) is placed on squared paper with size of the squares $h = 1/3$, then the number of cells that are not empty is $N(h) = 5$. Its dimensionality is

$$D = \frac{\ln 5}{\ln \frac{1}{1/3}} \approx 1.46$$

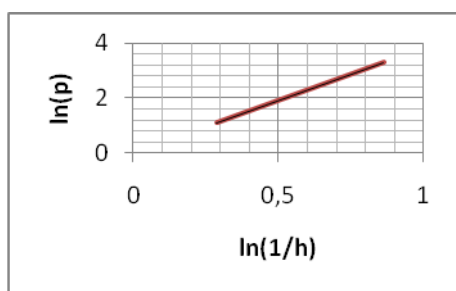


Fig.15 Graph of $\ln p / \ln(1/h)$
for Koch curve

This method is very efficient for determining dimensionalities of complexly measured natural forms. Metric characteristics such as area and length have no sense for them, because they are infinite.

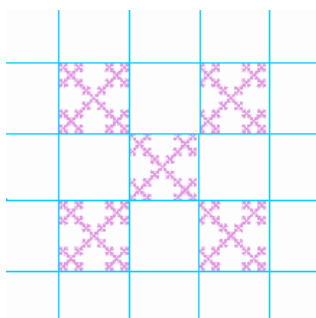


Fig.16 Fractal Box

In the case of inhomogeneous fractal objects (*multifractals*), the points inside them are allocated very unevenly because the relative density (probability) of their geometrically identical parts are different (Fig.17). To calculate the dimensionality of a multifractal, it is necessary to determine a spectrum of dimensionalities, the number of which is infinite.



Fig.17 Multifractals

3. Application of fractals

Some of the areas of application of fractals in the science and technology are [1,6]:

A. Informatics, computer science

○ *fractal compression of images* - with the use of IFS is achieved significantly greater

compression of an image, 500-1000 times than the usual methods (jpeg or gif formats of the files). When increasing the picture, there is no pixelation. The images are coded with a few simple affine and other classes of geometric transformations. Then the self-similar areas in the images are sought and the parameters of transformations for them are determined;

○ *fractal graphics* - the images are constructed by equations or systems of equations. The main principle of construction is the inheritance (recurring elements with different size);

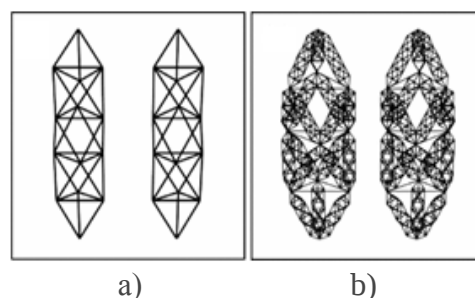
○ *creation of computer games* - fractal algorithms are often used to create different types of renderings (natural landscapes, special effects - clouds, smoke, flames, starry sky, animation, etc. The terrain reliefs are often fractal images on the basis of three-dimensional models of complex sets and Brownian motion.

B. Mechanics

○ with fractals are described also some processes relating to the mechanics of fluids and gases namely dynamics and turbulence of complex flows. The transition to fractal representation allows the dynamics of the complex systems to be represented in a better way;

○ fractal description of porous materials with a complex geometrical shape;

○ special techniques for using the fractal geometry are applied when creating structures with considerably less weight, while maintaining the same parameters in relation to the standard structures. For example - the Eiffel Tower. In Fig.18 are shown metal beams with fractal structure.



a) b)
Fig.18 Fractal beams

C. Radiotechnics, telecommunications

○ design of fractal antennas (Fig.19) - by using models such as Koch snowflake, Sierpinski napkin, etc. are significantly reduced the size and weight of the antennas and are expanded the possibilities and their field of use in different types of radio equipment for maritime, air transport, aerospace applications, etc. Microstrip fractal antennas can be entered in the geometry of a body - missile, shell, aircraft, etc. The main

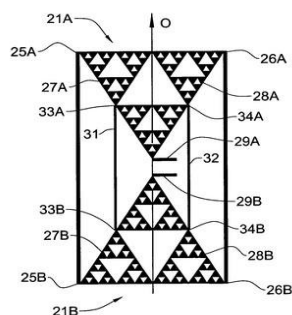


Fig.19 Fractal antenna

advantages of the fractal antennas are: the possibility to achieve even greater broadbandness, which is due to the self-similarity of the structure of the antennas and the presence of a large number of scales in it; additional possibility to control the directivity diagram by changing the fractal structure;

○ design of fractal antenna arrays - typical for them is the hierarchical nature of their structure, deterministic fractal law of distribution of the excitation of the elements, etc. They allow the construction of thinned antenna arrays, as well as synthesis of the antennas according to a set directivity diagram;

○ fractal radars - modern radars, which use fractals for detection and reconstruction of the images obtained from the radars;

○ telecommunications - a number of studies show self-similarity of the transmitted traffic in a different type of networks, particularly for speech, audio and video signals. Therefore, now the possibilities for fractal compression of the data in the telecommunications channels are examined in order to transmit the information in a more effective way.

D. Electronics

○ wires with fractal patterns are used to create new devices such as biomedical sensors and actuators, which may be attached to the skin and which have unique properties. The integrated

in the elastic materials wires give them a greater strength upon the elastic deformation of the material in different directions and allow to the pattern to support various types of deformation. In Fig. 20 is shown an image of metal wires with Peano fractal pattern;

○ electrodes with fractal patterns for measurement of electrophysiological processes in the brain, heart and muscles. The electrodes with the Greek cross fractal pattern provide high

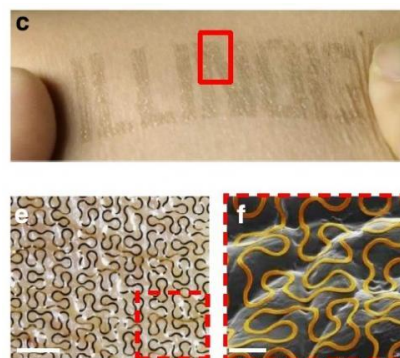


Fig.20 Fractal model of Peano over skin

connectivity, stretchability and reliability.

E. Automation of the production

○ construction of fractal systems with rejecting algorithms for control in conditions of a-priori uncertainty;

○ improvement of the quality of the conventional control systems by using fractal filters;

○ use of fractal algorithms for control by using fractal mathematical analysis - basic operators for fractal differentiation and integration; special mathematical functions; continuous and discrete models of fractal dynamic systems; methods for approximation of the fractal operators with continuous and discrete functions, etc.

F. Energetics

○ fractal solar cells with nano-sized tree structure (Fig.21) proved to be more effective than the standard ones. Because of their larger surface, they absorb a much greater amount of photons.

G. Ocean engineering

○ construction of landscapes, sea surfaces, coloring of maps, etc. (Fig.22) by using some algebraic and stochastic fractals;

○ image acquisition of coastline, etc. by using geometrical fractals.

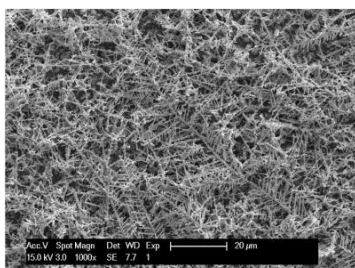


Fig.21 Solar cells

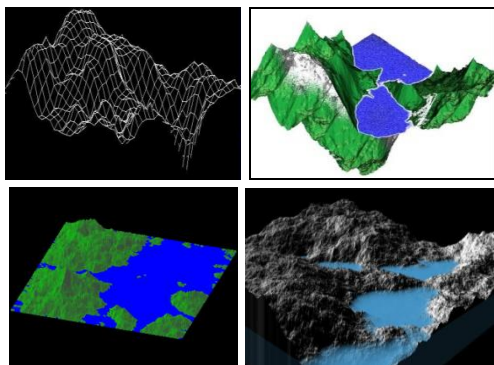


Fig.22 Images of land and marine surface

The coasts of the islands and continents have some kind of fractal dimensionality which, if known, allows to accurately calculate the length of a coast.

H. Engineering design (Fig.23)

- use of fractals in the interior design of rooms, working premises;
- creation of posters-fractals, etc.



Fig.23 Interior elements

4. Conclusion

The fractals are widely used in the engineering and in other areas – economics, art, architecture, etc. These applications continue to evolve and expand.

A number of specialized generators of fractals and attractors are created, such as Fractint, Aros Fractals, Fractal Explorer, Xaos, etc. [3]. To generate fractals also the possibilities of the computer algebra systems such as Maple, Matlab, etc. may be used.

References

- [1] Falconer K. *Fractal geometry: mathematical foundations and applications*, WILEY, 2003
- [2] Feder *Fractals* Plenum Press, New York 1988
- [3] *Fractal Software*
<http://fractalfoundation.org/resources/fractal-software/>
- [4] Cronover R. *Fractals and chaos in dynamical systems. Fundamentals of Theory*, M., Postmarket, 2000
- [5] Mandelbrot B. *The Fractal Geometry of Nature*, Freeman&Co.1, 1982
- [6] Rani M., Saloni *Fractals: a research*, IJCET, v.4, 4, 2013, 289-307

/the paper was reviewed in IMI – BAS, Sofia/

Contacts:

Department of Mathematics
Technical University Varna,
d-r Tsvetanka Kovacheva
email: tsveta_kovacheva@tu-varna.bg

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА НА ГАЗОТЕРМИЧНИ ПОКРИТИЯ ОТ EUTALLOY RW 12112 ПРИ ГАЗОПЛАМЪЧНО НАПЛАСТЯВАНЕ С ГОРИВНА СМЕС ОТ ПРОПАН-БУТАН И КИСЛОРОД

Пламен Петров

Abstract: The aim of this work is the study properties of thermal sprayed coatings on the basis of powder obtained for plating- EUTALLOY RW 12112, coated with equipment and technologies developed in earlier years in TU-Varna: plating on "cold" method; plating on "cold" method, with the subsequent melting of coverage; plating on "warm" method. Examined are the tensile strength of coatings (Rm), their hardness (HRC), microhardness distribution in the layers (HV0,05), the friction drag wear resistance.

Keywords: thermal gas coatings, microstructure, mechanical properties, wear resistance.

Въведение: Една от възможностите за повишаване на изнosoустойчивостта на стоманени детайли в условия на сухо триене при повишени температури, както и при „мокро“ триене е нанасянето на газотермични покрития, притежаващи специфични свойства, на повърхността на стоманените детайли. Нанасянето им може да бъде, както по конструктивна документация на изделията, ако е предвидено такова, така и с цел възстановяването им след износване.

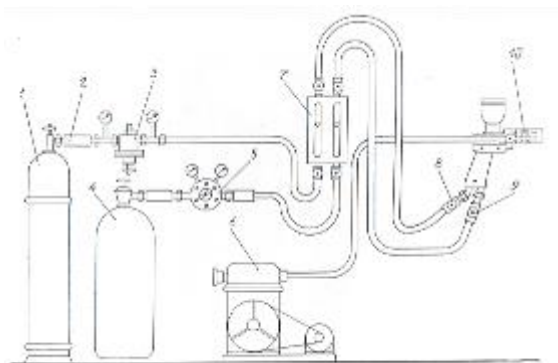
Целта на автора в настоящата работа е да бъдат изследвани свойствата на газотермични покрития получени на базата на прах предназначен за напластяване EUTALLOY RW 12112, напластени с помощта на съоръжения и технологии разработени в предходни години в ТУ-Варна [1]. Използвани са три технологии за нанасяне на газотермичните покрития, известни като: напластяване по „студен“ метод; напластяване по „студен“ метод със следващо затопяване на покритието; напластяване по „топъл“ метод (Eutalloy). За нанасянето на покритието по „студен“ метод е използвана гравитационно-инжекторна горелка, а за варианта включващ следващо затопяване, както и за нанасянето на покритието по „топъл“ метод е използвана горелка за напластяване с едновременно разтопяване на слоя, конструирани и разработени в [1] за работа с горивна смес от пропан-бутан и кислород фиг.1. Използваният за получаване на газотермичните покрития прах EUTALLOY RW 12112 по справочни данни [2] е сплав на

никелова основа с високо съдържание на волфрамови карбиди и е специално разработена за повишаване на изнosoустойчивостта и при „сухо“ и при „мокро“ триене. Получените покрития са с твърда матрица (55-63 HRC) и равномерно разпределени твърди частици от волфрамов карбид с твърдост около 1500HV. Диапазон на топене 980-1150°C. Работна температура за нанасяне на покритията -1040 °C и максимална експлоатационна температура 700 °C.

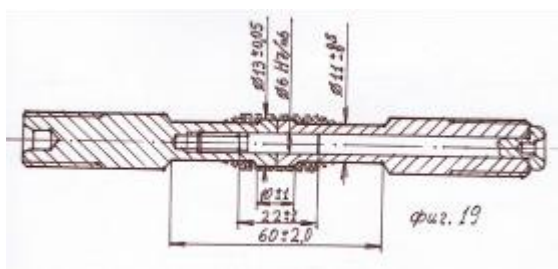
Получените покрития са подходящи за защита на плунжери и шнекове на пясъчни транспортъори, както и за детайли на съоръжения работещи в областта на цементовата, керамичната и др. промишлености [2].

Методика: След нанасяне на газотермичните покрития по трите посочени технологични варианта са изследвани якостта на опън на покритията Rm, твърдостта им HRC, разпределението на микротвърдостта по дебелината на слоя HV_{0,05}, износването при триене, при плъзгане-за варианта с най-добри показатели.

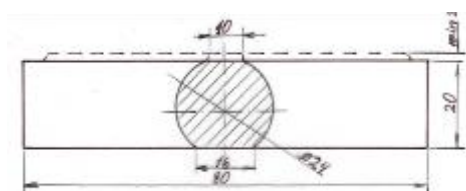
Използваните пробни тела за изпитване на опън и износване са показани съответно на фиг.2, и фиг.3, като са изработени от стомана C45 БДС EN 10083-2:2006. Изпитването на износване е извършено с помощта на стенд за изпитване с контратяло от рапидна стомана P6M5 с твърдост 62-64 HRC, с размери Ø90x3 mm



Фиг.1. Схема на апаратура за газопламъчно напластяване с горивна смес от пропан-бутан и кислород: 1-бутилка O₂; 2-обратен клапан; 3-редуцир вентил; 4-бутилка пропан-бутан; 5-регулатор за налягане; 6-компресор за сгъстен въздух; 7-ротаметри; 8, 9-вентили за разход; 10-горелка.



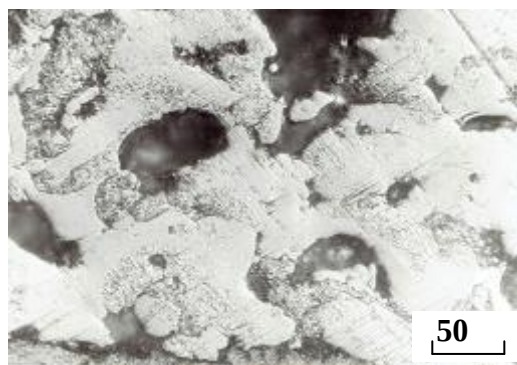
Фиг.2. Пробно тяло за изпитване на опън на газотермичните покрития



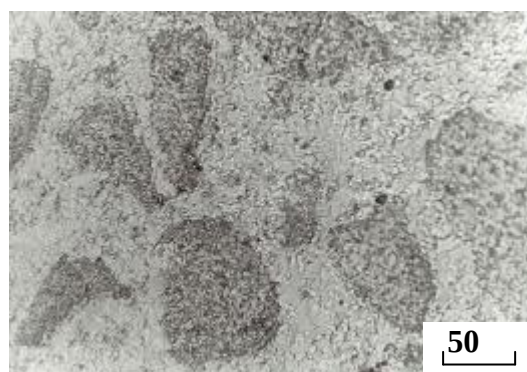
Фиг.3. Пробно тяло за изпитване на износване при триене, при плъзгане, на газотермичните покрития

Резултати:

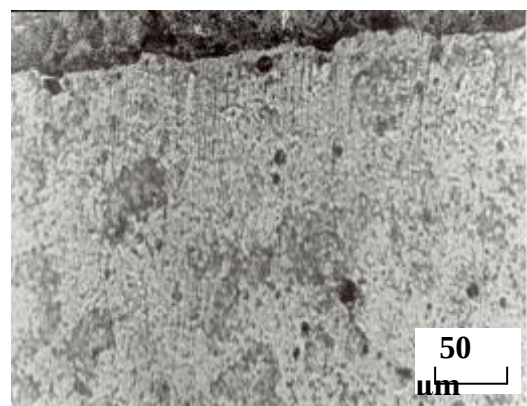
Резултати от проведения микроструктурен анализ са показани на Фиг.4 и Фиг.5. Получените повърхностна твърдост и якост на опън на покритията са отразени на фиг. 6 и фиг. 7. Поради наличието на пори в структурата на нанесените покрития и наличие на матрица с по-ниска твърдост и твърда карбидна фаза в разпределението на микротвърдостта в повърхностния слой варира в широки граници.



а



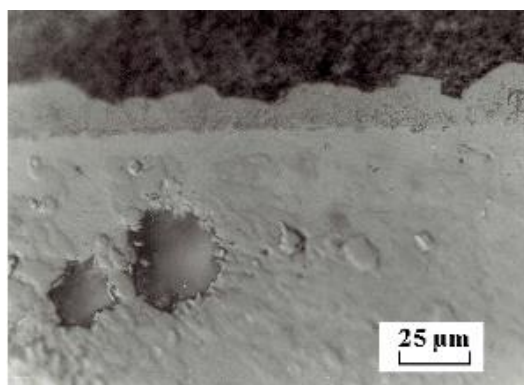
б



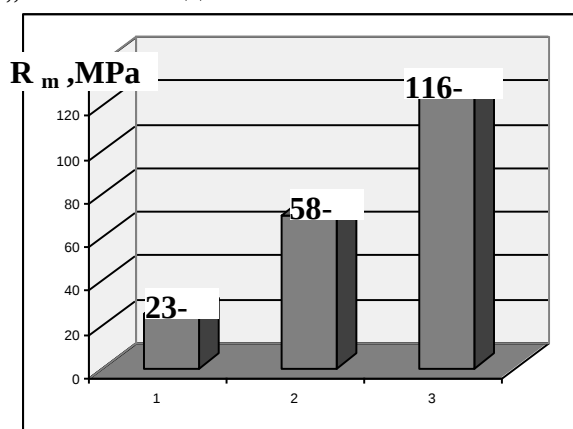
в

Фиг.4. Микроструктура на газотермичните покрития от EUTALLOY RW 12112 :а) по „студен“ метод; б) по „топъл“ метод; в) по „студен“ метод със следващо затопяване на покритието

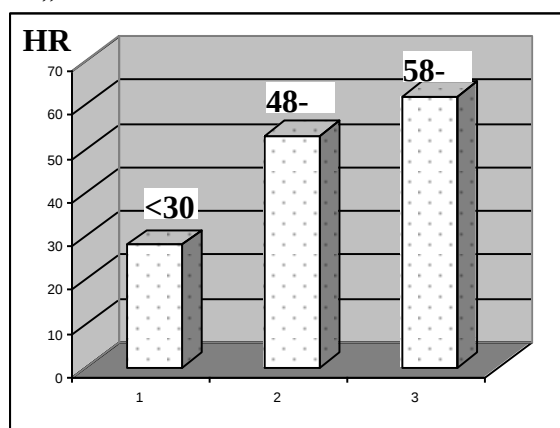
Разсейването е най-голямо при покритието нанесено по „студен“ метод, като е значително дори и при нанасяне на покритието по „топъл“ метод (фиг.8) На фиг.9 са показани резултати от изпитването на износване в условията на триене при плъзгане.



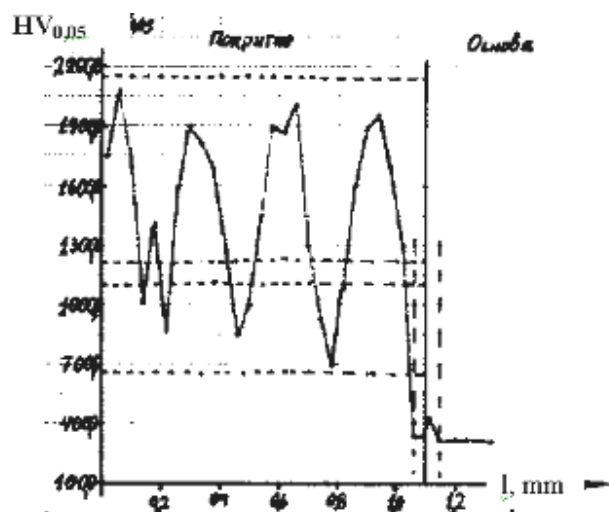
Фиг.5. Дифузионен слой в микроструктурата на газотермично покритие от EUTALLOY RW 12112 , нанесено по „топъл” метод



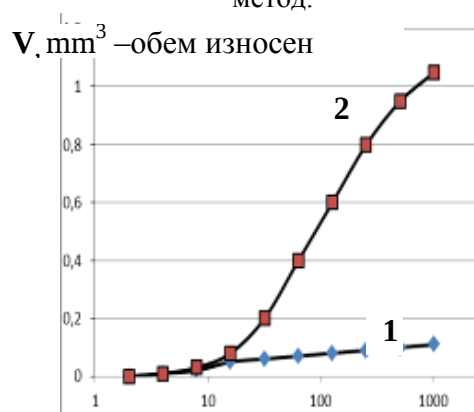
Фиг.6. Якост на опън на газотермичните покрития от EUTALLOY RW 12112 нанесени по: 1) по „студен” метод; 2) по „студен” метод със следващо затопяване; 3) по „топъл” метод



Фиг.7. Повърхностна твърдост на газотермичните покрития от EUTALLOY RW 12112 , нанесено по: 1) по „студен” метод; 2) по „студен” метод със следващо затопяване; 3) по „топъл” метод



Фиг.8. Разпределение на микротвърдостта $HV_{0,05}$ в газотермичните покритие от EUTALLOY RW 12112 , нанесено по „топъл” метод.



Фиг.9. Износоустойчивост τ , газотермично покритие от EUTALLOY RW 12112 , нанесено по „топъл” метод –крива 1, сравнена с тази на стомана 40Cr4 (закалена и отвърната до твърдост 50-55 HRC)-крива 2

Анализ на получените резултати:

Проведеният микроструктурен анализ на газотермичните покрития от EUTALLOY RW 12112, нанесени по изброените три технологични варианта логично показва, че структурата на повърхностния слой е с най-голяма порестост при нанасяне на покритието по „студен“ метод (фиг.4а). При използването на „топъл“ метод или на „студен“ със следващо затопяване на повърхностния слой се наблюдават значително по-малко количество пори (фиг.4 б, в). Твърдата карбидна фаза при тези два варианта е с ясно изразени граници с матрицата, ако използваме „топъл“ метод. При „студен“ метод със следващо затопяване на слоя, границите са по-неясни, което предполага

взаимодействие и по-голямо сцепление между твърдата фаза и матрицата (фиг. 4 в). Механичните свойства на покритията определени за различните технологични варианти обаче показва, че покритието получено по "топъл" метод, превъзхожда по якостни характеристики това получено по студен" метод със следващо затапяне на слоя, което предполага структурен градиент по отношение на порестост и разтваряне на карбидите в матрицата. Доказателство за това е и наличието на изразена дифузионна зона между покритието и основния метал само при нанасянето му по „топъл” метод (фиг.5). Якостта на опън на газотермичните покрития е относително малка в сравнение с тази на основния метал, като тази получена по „топъл” метод е около 5 пъти по-голяма от получената за покритието нанесено по „студен” метод и 1,5-2 пъти по-голяма от полученото покритие по „студен” метод със следващо затапяне на слоя (фиг.6). Причина за това са характерните за прахово напластяване структура с наличие на пори и крехкост на получените покрития. По-важни показатели в случая са повърхностната твърдост и термичната стабилност на слоя, които определят приложението на газотермичните покрития от този тип в случаите когато е необходима износоустойчивост при високи работни температури на експлоатация. Посочената по справочни данни твърдост на покритието е постигната само при използване на „топъл” метод, но по средна стойност получената повърхностна твърдост при „студен” метод със следващо затапяване на слоя също попада в посочения в [2] диапазон, макар и в долната граница(фиг.7).Разпределението на микротвърдостта в нанесеното покритие по „топъл” метод е с най-малък диапазон на разсейване на резултатите между малки и големи стойности, като по-високите стойности са близки до посочената в [2] твърдост на карбидната фаза в структурата (фиг.8).Износоустойчивостта на газотермичното покритие с най-добри якостни показатели-полученото по „топъл” метод е десетократно по-голяма от тази на закалена и отвърната до твърдост 50-55 HRC стомана 40Cr4 (фиг.9).

Изводи:

- От използваните технологични варианти за нанасяне на газотермични покрития с горивна смес от пропан-бутан и кислород най-високи стойности, отговарящи на справочните данни за покрития на базата на EUTALLOY RW 12112 са получени по „топъл” метод. .
- По-голямото разтваряне на карбидната фаза в никеловата основа на покритието получено по „студен” метод със следващо затапяне на слоя не осигурява по-добри механични характеристики на покритието.
- Получените резултати по отношение на износоустойчивостта и повърхностната твърдост на газотермичното покритие от EUTALLOY RW 12112 по"топъл" метод при нагряване с пропан-бутан кислороден пламък предполагат, че такива покрития с успех могат да се използват в случаите където са приложими тези покрития-пясъко-добивната, цементовата, керамичната и др. промишлености.
- Нанасянето на покрития по-студен метод със следващо затапяне на слоя се доближава по характеристики до посочените по литературни данни стойности и също би могло да се прилага като технология при липсата на съоръжения за нанасяне по"топъл" метод.
- Необходими са допълнителни изследвания за износоустойчивост на получените покрития при повишени температури и сравняването им с други алтернативни покрития за да се преценят по обективно възможните области за приложението им.

Литература:

- 1.Тонев Б. А. „Изследване на процеса газопламъчно напластяване с горивен газ пропан-бутан“, автореферат на дисертационна работа, Варна, 1996
- 2.<http://w.mec-castolin.ru/Dopolnitelno/Pokrytiya/Eutalloy-RW-12112>

За контакти

Технически университет-Варна, 9010 Варна,
ул. "Студентска"1А за Добруджански
технологичен колеж / Катедра МТМ,
доц. д-р инж. Пламен Недков Петров
тел.:052/383- 436
www.petpl@abv.bg

УСЪВЪРШЕНСТВАНЕ НА УЧЕБНАТА ДЕЙНОСТ ЗА ФОРМИРАНЕ НА СПЕЦИФИЧНИ ПРОФЕСИОНАЛНО ЗНАЧИМИ КАЧЕСТВА НА СТУДЕНТИТЕ ОТ СПЕЦИАЛНОСТ КВ - МОТИВАЦИЯ, ТРЕНИНГИ, РЕАЛИЗАЦИЯ

EDUCATIONAL ACTIVITY IMPROVING FOR THE FORMATION OF SPECIFIC PROFESSIONAL TRAITS IN STUDENTS OF SPECIALITY SHIP NAVIGATION - MOTIVATION, TRAINING, IMPLEMENTATION

Божидар Дяков Янчо Бакалов

Abstract: The main objective of the development of the project is to be formed in future captains awareness of the need for self-development of analytical thinking, communication skills, a sense of teamwork, professional Traits enabling continuous improvement of professional knowledge and skills for all their work activity. This requires the establishment of a rational methodology in the learning process, providing opportunity for motivation, successful training, vision training and implementation of the skippers in their future employment is one of the main directions of research in this area.

Keywords: education, ship navigation, psychology, training

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Независимо от развитието на технологиите и съвременните методи за автоматизация на управление на кораба и корабоплаването, човешкият фактор все още не може да бъде пренебрегван. Корабните условия на труд са специфични, поради въздействието на различни фактори (психо-физиологични, особености на морската среда, отговорности за опазване на човешкият живот на море, стрес и др.), което налага наличие на професионализъм, физическа и морална устойчивост на всеки член на екипажа. Вземането на адекватни решения е в пряка връзка с професионалната подготовка (теоретична и практическа) на корабния офицер, способността му за адекватна оценка на ситуацията и вземането на правилното за конкретната ситуация решение.

В настоящия доклад са представени резултати от реализиран едногодишен проект, финансиран от ТУ-Варна. Основната цел от разработването на проекта е да се формира в бъдещите капитани осъзнаване от необходимостта за саморазвитие на аналитичен начин на мислене, комуникативност, чувство за екипност в работата, професионално значими качества, позволяващи непрекъснато усъвършенстване на професионалните знания и умения в продължение на цялата им трудова дейност. Това налага създаването на рационална методика в процеса на обучение, осигуряваща

възможността за мотивация, успешна подготовка, визия на обучението и реализация на корабоводителите в бъдещата им трудова дейност е едно от главните направления на изследването в тази област.

За постигането на тези изисквания се налага да се оптимизират учебните програми за обучение на бъдещите капитани, както и подходът на поднасяне на учебния материал. Това трябва да съответства на нивото на подготовка на учениците, избрали тази професия, осигуряването на адекватност и гъвкавост при обучението на студентите, засилване на връзката „Средно образование – ВУЗ“.

Необходимо е самото обучение да бъде направено по-атрактивно при поднасянето на нови знания и умения. За тази цел успешно могат да се внедряват и новостите в компютърните технологии като например използването на интерактивни системи за обучение. Това по никакъв начин не може да замени непосредствената роля на практиката при формирането на професионални умения у обучаемите.

Основните изследвания в проекта се свързват с направлението „Морски науки и технологии, чисти морски технологии за осигуряване на син растеж и устойчиво развитие“ със стратегията и направленията на научните изследвания в ТУ-Варна.

Именно от тази гледна точка, удовлетвореността от катедрата или

факултета се случва, когато едно очакване е изпълнено или е превишено от институцията.

Според Астин (1993), повечето студентите инвестират значително време и енергия, посещавайки колежа и представите им за стойността на преживяното там трябва да допренесе до нещо, което е съществено за тях [1]. Институциите, които оценяват удовлетвореност често използват тази гледна точка, за разработването на програми и услуги, отговарящи адекватно на нуждите на студентите, за създаване на по-добър баланс и на свой ред увеличаване на тяхната удовлетвореност и постоянство [3]. В образователни структури за висше образование като правило се отдава по-голямо значение като форма на крайният продукт производството на по-голям брой дипломирани специалисти, докато в други акцента се поставя на качеството и начина по който се постига това. Същевременно, налице е тенденция добрите образователни институции да обръща все по-голямо внимание на преживяването на удовлетвореност от студентите по време на изграждането на тяхната професионална квалификация.

През последните четири години (2013-2016) е налице устойчив спад на броят кандидат-студенти и увеличаване дела на незаетите във висшето училище места в рамките на учебния капацитет на специалностите.¹ По отношение на напусналите и прекъсналите обучението си студенти в университета за същият период тенденцията е по-различна и наподобява U – разпределение, където най-голямо натрупване на честотите има при крайните значения на случаите: от 2001 към 2012, 2013гг. броят им спада повече от два пъти, но след това рязко се покачва (таблица 1). Прави впечатление, че броят на отстранените студенти или тези които не могат да покрият изискванията, за да продължат курса на обучение, винаги е по-малък от напусналите по субективни причини (вж Гатю Гатев, поредица публикации в Годишник на ТУ-Варна).

Таблица 1. Отстранени и прекъснали студенти в ТУ-Варна (2011-2015гг.).

	2011/12г.	2012/13г.	2013/14г.	2014/15г.
Отстранени	86	52	41	74
Прекъснали	194	68	57	128

103116116103103

¹ Отчетни доклади за дейността на ТУ-Варна, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 гг.

II. ИЗЛОЖЕНИЕ

2.1. Кратък теоретически обзор по въпроса

Някога обучението на морските кадри в България се основаваше на военен или близък до него режим, което обуславяше тяхното чувство за дълг и отговорност при работата на море. Промените в средното образование, резултат от различните „реформи“ доведоха до ниско ниво на подготовка, мотивация за натрупване на знания и самообразование при студентите от специалността „Корабостроене“. В по-голямата си част техните разсъждения се свеждат до мотото „Когато отида на кораба ще се науча“ или „В момента това не ми е нужно и въобще някога дали ще ми потрябва“. Желанието на повечето обучаеми е образованието им да бъде строго прагматично – това, което ще им бъде полезно в бъдещата професионална реализация. В този аспект подходът в обучението на бъдещите капитани трябва да бъде добре балансиран – много добре трябва да се съчетаят изискванията на ИМО, STCW и конвенциите с необходимия минимум на закона за висшето образование, за да получат диплом за инженер. Към настоящия момент в теорията и практиката на образованието възникват и все повече се открояват редица противоречия:

- между увеличаващият се поток от информация, необходим за добрата професионална подготовка и способността на личността да усвоява, осъзнава, комбинира и обработва само определено количество;
- между необходимостта от преподаване на учебния материал на достатъчно високо научно-техническо ниво и формиране на развито мислене, познавателни способности, професионални качества в бъдещите специалисти на фона на недостатъчното време за обучение и слабата предварителна подготовка от средното образование
- между необходимостта творчески да се овладява професионално значим учебен материал и формирането на практически и рутинни навици при решаването на шаблонни задачи.
- между прагматичността на обучаемите и мнението на работодателите за лошата

им подготовка, което се изразява и в създаването от тях на центрове за дообучение и попълване на липсващи знания на бъдещите капитани

- между формализма на провеждането на практика по корабите и липсата на връзка, както между изучаваните теоретичните въпроси така и практическото им приложение в професията.

2.2. Постановка на проблема

Огромните вложения за техническо насищане на корабите и намаляване на ролята на човека все още не са довели към съществено намаляване на броя на аварийите, много от които са съпроводени с гибел на екипажа и кораба. При това 80 % от аварийите с кораби са резултат от грешни решения на офицерския състав и неправилните действия на корабните екипажи. Именно грешките в корабоводенето водят до тежки материални и морални загуби, замърсяване на околната среда и гибел на хора. Изходът от тази ситуация се състои във формирането в бъдещите капитани на осъзнаване от необходимостта за саморазвитие на аналитичен начин на мислене, комуникативност, чувство за екипност в работата, професионално значими качества, позволяващи непрекъснато усъвършенстване на професионалните знания и умения в продължение на цялата им трудова дейност. Ето защо създаването на рационална методика в процеса на обучение, осигуряваща възможността за мотивация, успешна подготовка, визия на обучението и реализация на корабоводителите в бъдещата им трудова дейност е едно от главните направления на изследването в тази област.

В настоящия момент обучението на студентите от специалност „Корабоводене“ се основава на учебни планове и програми, които са в процес на актуализиране в съответствие с промените в резолюции на ИМО, STCW, и Закона за висшето образование. В досегашния им вид редица нови изисквания не са отчетени, както и настъпилите промени в системата на средното образование, откъдето постъпват студентите по специалността.

Цели на изследването

Основните изследвания в проекта се свързват с направлението „Морски науки и технологии, чисти морски технологии за осигуряване на син растеж и устойчиво развитие“ със стратегията и направленията на научните изследвания в ТУ-Варна.

За постигането на поставената цел в проекта чрез провеждане на анкети са решени следните задачи:

- експертна оценка на представители на работодателите за професионалната подготовката на студентите от специалност „Корабоводене“ в ТУ-Варна
- анкетиране – за становищата на студентите III-V курс от специалност „Корабоводене“ в ТУ-Варна относно професионалната им подготовка за работа на кораб
- анализ на отзивите на студенти, току що придобили офицерска правоспособност за нивото на професионалната им подготовка в ТУ-Варна
- анализ на мнението на действащи капитани за професионалната подготовката на студентите от специалност „Корабоводене“ в ТУ-Варна
- предложение за корекции в учебния план и програми за обучение на студентите от специалност „Корабоводене“ в ТУ-Варна

2.3. Изследвани лица, метод и процедура

В съответствие със заявената в проекта цел е проведено представително анкетиране на преподавателите и студентите от специалността. Студентската анкета обхваща всички обучаеми, без тези от първи курс, на разположение в периода на анкетирането по две специалности – Корабоводене и ЕФП. Формираната извадка за анкетата е безповторна, по принципа на извършения подбор е от производствен тип. Според начина на подбор е механична, експертно целенасочена. По начина на формиране тя е многостепенна стратифицирана, условно разслоена на страти по естествения признак на принадлежност на анкетираните към

различни курсове на обучение по едно и също време, и по две различни специалности.

При подготовката на анкетата са формирани въпроси-филтри, които служат за диференциране на изследваните единици съобразно целите на изследването.

При обработка на резултатите с изчисляване на честотите са определени интервали на достоверност, отнасящи се до ограниченията на процентно представени величини. При процентно представени величини ограничението е

$$n > \frac{9}{q(1-q)}$$

където n е обемът на извадката, а q – минималният процент, който може да се смята за достоверен за формулиране на изводи.

За измерванията е избрана номинална ординарна скала, изследвана по категориите пълнота, непротиворечивост и единно основание за класификация.

След провеждането на анкетата са преброени различните варианти на отговорите, като данните са подредени в таблица. Изчислени са абсолютните (**броя отговорили по определен начин на отделен въпрос – f**) и относителните (**p**) честоти на отговорите за всеки от вариантите. Тъй като избраният метод го предполага, относителните честоти са изчислени в проценти.

За целта на изследването е приета нулева хипотеза (H_0): Разликата в отговорите на респондентите не е статистически значима и се дължи на случайни фактори, а не на различието в по-голямата експертна сила, според пребиваването им в различни курсове на обучение. Алтернативната хипотеза определя, че разликата в отношението към същностните характеристики в обучението по визираните специалности е статистически значима и се дължи на изследвания фактор – експертната тежест на анкетираните от различните страни.

Оценката на степента на корелационните зависимости е описана като положителна или отрицателна, според знака на математическото очакване R от вида:

- $0 < |R| \leq 0.3$ – слаба;
- $0.3 < |R| \leq 0.5$ – умерена;
- $0.5 < |R| \leq 0.7$ – значителна;
- $0.7 < |R| \leq 0.9$ – голяма;
- $0.9 < |R| \leq 1$ – много голяма.

Тъй като зададените въпроси предполагат повече от два варианта на отговори, подробните резултати са описани таблично. Сумата от редовете, представляващи броя въпроси, е умножен по сумата от колоните и полученият резултат е разделен на броя на изследваните лица. Изчислена е проверяващата величина χ^2 по стандартна формула.

Използваният статистически метод предостави количествена представа за общото в оценките и за различията в становищата на респондентите. За целите на изследването разработващите проекта са формирали качествена интерпретация на данните от анкетата, която корелира със статистическите изводи.

2.4. Анализ на резултатите

Резултатите определят като значими и отговарящи на нагласите на анкетираните намеренията на профилиращата катедра да развива учебно-материалната база, да контролира наличните специализирани тренажъри, да привлече допълнително преподаватели от средите на професионалната гилдия и да повиши контрола за изпълнение на учебно-плановите задачи през цялата година.

Възприети като индивидуален отчет, анкетите сочат много добра посещаемост от страна на студентите на занятията през семестъра. Преподавателите се оценяват като много добре подготвени и толерантни, оценките корелират положително с мотивацията на студентите да се обучават по избраната специалност.

Включените теми в учебните програми са „по-скоро актуални“.

Студентите сочат като подходящо отчитането на текущия успех при определянето на индивидуални такси за обучение в ТУ, както

и широкото представяне на университетските специалности в средите на обучаващите се в гимназии и на техните родители от цялата страна.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Огромните вложения за техническо насищане на корабите и намаляване на ролята на човека все още не са довели към съществено намаляване на броя на аварийите, много от които са съпроводени с гибел на екипажа и кораба. При това 80 % от аварийите с кораби са резултат от грешни решения на офицерския състав и неправилните действия на корабните екипажи. Именно грешките в корабоводенето водят до тежки материални и морални загуби, замърсяване на околната среда и гибел на хора. Изходът от тази ситуация се състои във формирането в бъдещите капитани на осъзнаване от необходимостта за саморазвитие на аналитичен начин на мислене, комуникативност, чувство за екипност в работата, професионално значими качества, позволяващи непрекъснато усъвършенстване на професионалните знания и умения в продължение на цялата им трудова дейност. Ето защо създаването на рационална методика в процеса на обучение, осигуряваща възможността за мотивация, успешна подготовка, визия на обучението и реализация на корабоводителите в бъдещата им трудова дейност е едно от главните направления на изследването в тази област.

Литература

- [1]. Astin, A. W. (1993). What matters in college?: Four critical years revisited (1st Ed.). San Francisco: Jossey-Bass.
- [2]. Bennett, R. (2003). Determinants of undergraduate student drop out rates in a university business studies department. *Journal of Further and Higher Education*, 27(2), 123-141.
- [3]. Beltyukova, Sv. A., Fox, Ch. M. (2002) Student satisfaction as a measure of student development: Towards a universal metric. *Journal of College Student Development*, Mar/Apr.

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1
Технически университет -Варна

ИНТЕГРИРАНЕ НА УПРАВЛЕНИЕТО НА РИСКА И ПОДОБРЯВАНЕТО НА КАЧЕСТВОТО ПРИ РАЗРАБОТВАНЕ НА ПРОЕКТИ В МСП

Паолина Политова

Резюме: Рискът, съществуващ във всички дейности на организациите, директно влияе на представянето на предприятията. Това определя нуждата да бъде управляван. Важността на модерното управление на риска, което включва холистичният подход, е широко възприето във всички сфери на индустрията. Въпреки това множество пречки влияят на Малките и средни предприятия (МСП) да въведат принципите за управление на риска в организациите с холистична перспектива. В резултат на това МСП често не предприемат активни действия за управление на рисковете, което влияе негативно върху тяхната ефективност. За да се подобри успеваемостта на МСП, особено имайки предвид тяхното влияние върху устойчивото развитие на регионалната икономика, в настоящото изследване се предлага система за управление на риска, която значително ще намали излагането на риск на МСП, като осигури устойчивост и конкурентоспособност.

Ключови думи: риск, FMEA, Benchmarking

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Приносът на МСП към икономиката на България, може да бъде приблизително изчислена на около 22% [5]. Въпреки, че големите предприятия изграят главна роля при определяне на приноса към БВП, МСП осигуряват голяма част от делът на заетите лица – приблизително 75% или 1 500 000 души [3].

Североизточният район на планиране е на четвърто място спрямо дял на осигуряване на заетост от МСП в страната с 12,3%. Предприятията имат предимно положителен изглед за развитие със изпреварващ прираст на приходите или поне съпоставим с прираста на разходите [3].

Анализите показват, че липсата на бизнес умения сред предприемачите е основен недостатък, което показва нуждата от допълнително обучение на собствениците на МСП. Това също така е и един от факторите пречещи на растежа на МСП [4]. Липсата на основни бизнес умения сред управителите и собствениците на МСП определя нуждата от развитието и използването на управленски механизми за определяне значимостта на

рисковите събития в МСП, като по този начин се допринася за тяхната устойчивост.

В България, МСП изпитват затруднения при осигуряването на финансиране, поради високото ниво на риск и недостатъчната възвръщаемост асоциирана с индустрията [6]. Една от характеристиките на малкият бизнес, която се отразява на риска и съответно на използваните управленски практики, е трудното разделение между лична и бизнес собственост.

Традиционният подход към определяне на риска при МСП се основава на финансовият риск. Модерните матрици за измерване на риска включват различни по видове риск. Различни автори, като Карлтън [7], Котнър и Флетчер [8] и СейнтПиер [6] установяват, че общият риск се състои от финансов риск, както и от бизнес риск (състои се от управленски риск, комерсиален риск, технологичен риск и др.).

Собствениците на МСП в СИР на България не са достатъчно добре запознати с начините за оценяване на рисковите фактори, които влияят на бизнес средата, в която работят. Те не приоритизират рисковите фактори, спрямо тяхната значимост и

вероятност, което води до предприемането на неефективни контролни действия за управление на тези рискове. Реализирането на тези рискове води до негативни последици за засегнатите фирми, което се вижда от сравнително високият процент (35 до 50%) на фалирали МСП в Р. България[1], както и в големият процент на собственици на предприятия, които се страхуват да не изпаднат в несъстоятелност (от 43 до 68%)[2, 3, 4]

Приноса на МСП към регионалната икономика не трябва да се пренебрегва. Изследванията показват, че МСП, особено в Западна Европа и Япония, са основен фактор, допринасящ за развитието на регионите. Също същото би трябвало да е вярно и за българските МСП. Те се развиват в много и разнообразни сфери на бизнеса, но се нуждаят от по-добра институционална подкрепа. България е приела редица документи, които имат отношение към стимулиране на предприемачеството, но няма единен документ или единна стратегия за консолидиране на различните инициативи в това отношение [4].

МСП в България към 2012 г. са около 370 хил, като се наблюдава тенденция за намаляване на техния брой. В СИР действат около 14% от тези предприятия или малко над 50 хил. С изключение на ЮЗР МСП в останалите райони, включително и в СИР, срещат големи проблеми в своето развитие. Въпреки положителната динамика на инвестициите (2,3%) повече от 20% от предприятията имат проблеми с финансирането, като кредитирането е достъпно за по-старите и по-големи предприятия.

Понижението на икономическата активност в страната, в следствие на негативното развитие на средата продължава да оказва неблагоприятно влияние върху динамиката на предприятията. През 2012-2013г. броят на предприятията в българската икономика продължи да намалява като според оценката на Европейската комисия (ЕК) спадът на сектор МСП възлиза на 1.6%, а този на големите предприятия на 0.6%. В рамките на МСП всички групи предприятия се характеризират с негативна динамика. Броят

на микро предприятия се понижи с 1.7%, на малките предприятия с 1.3%, а на средните по размер предприятия с 1.4% спрямо година назад.

Технологичното развитие на българските МСП изостава от световните тенденции — по отношение на абсорбцията на нови технологии България заема неблагоприятна позиция в класацията на Световния икономически форум — 125 място от 144 страни. Дялът на предприятията, заети във високо-технологично производство в България е много малък — два пъти по-нисък от този в ЕС. Проучванията през 2013 г. сред МСП показват, че за нови технологии през последната година са инвестирани съответно между 20% (микро- предприятия) и 40%(средни и големи предприятия) от тях. Според анализ на ЕК за външнотърговската ориентация, повечето от МСП у нас предпочитат да изнасят продукцията си към съседните страни (Румъния, Сърбия, Гърция, Турция, Македония). Сред основните причини за ненавлизане на европейските пазари са недостатъчната информираност и по-ниската конкурентоспособност.

Следва да се подчертае обаче, че иновационната активност на МСП в СИР е над средната за страната. Това се дължи основно на факта, че значителна част от МСП в СИР работят в секторите на морската индустрия (в корабостроене- над 30 фирми, в кораборемонт- около 120 фирми и в логистика/транспорт/корабоплаване – над 400 фирми), в която по същество се осъществява средно и високотехнологична дейност и се работи за износ, а също в сектора на ИКТ – около 700 фирми. В сектора на туризма в СИР работят около 2000 фирми. Морската индустрия, ИКТ и туризма са пример за естествено формиране/образуване на клъстери от свързани, коопериращи се фирми.

Развитието на гъвкав интегриран модел за управление на риска, изграден според нуждите на МСП ще помогне при разработването на успешни нормативни документи. Също така МСП ще могат по-лесно да идентифицират и управляват техните рискови характеристики. Тази система ще доведе до подобряването на управлението на МСП, както и до събирането и анализът на

специфична за МСП информация, която подпомага създаването на ефективни политики за МСП.

II. ИЗЛОЖЕНИЕ

На базата на направените до момента проучвания и анализи системата за управление трябва да покрива няколко основни изисквания, които са посочени по-долу:

- Да бъде основана само на апробирани и стандартизирани методи за оценяване на риска, съгласно БДС ISO 31000:2011, Управление на риска. Принципи и указания, БДС EN 31010:2010, Управление на риска. Методи за оценяване на риска (IEC/ISO 31010:2009);

- Да може да се адаптира към изисквания на актуални международни стандарти, като ISO 9001 Системи за управление на качеството. Изисквания; ISO/IEC 19796-1:2005 - Информационни технологии. Обучение, образование и квалификация. Управление, осигуряване и метрология на качеството. Част 1: Общ подход ;

- Да непротиворечи на международни стандарти, отнасящи се за всички видове организации (например търговски предприятия, правителствени агенции и организации с идеална цел), определящи изискванията за създаване, внедряване, функциониране, наблюдение, преглед, поддържане и подобряване на система с оглед на общия риск на информацията, свързан с дейността на организацията. Те определят изискванията за внедряване на механизми за контрол по сигурността, пригодени към потребностите на всяка организация или части от нея.

- Да подпомага системата за управление на сигурността на качеството, финансите и информацията, предназначена за да осигури избор на подходящи механизми за контрол по сигурността, които да защитават информационните, финансовите и ресурсни активи на организацията и да дават увереност в заинтересованите страни за стабилността на системата за управление.

- Да позволява постоянно актуално информационно обслужване в областта на

приложими стандарти, нормативни актове, закони, наредби и др.;

- Да осигури бърз обмен на данни и документи, гарантиращо гъвкавост и сигурност на информацията;

- Да има възможност за постоянна обратна връзка и оценка на качеството на дейността на организацията и нейните продукти;

2.1. Структура на системата за управление

Системата за управление на риска на МСП, при разработване на проекти, водеща до подобряване на качеството е изградена на две нива — ниво „А” и ниво „Б”. Структурата е графично представена на фигура 1.

Процесите на ниво „А” регламентират всички процеси и дейности, касаещи управлението, поддържането и непрекъснатото подобрене както на осъществяваните от организацията основни дейности, така и на системата по управление на качеството.

Ниво „Б” на системата осигурява процеса на управлението на проекти в съответствие с изискванията на БДС EN ISO 9001:2008.



Фиг. 1. Структура на система за управление на риска на МСП, при разработване на проекти, водеща до подобряване на качеството

2.2. Групи процеси в системата за управление на риска:

- **Ръководни** (процеси от първо ниво) - обхващат дейности по регламентиране и вземане на решения, определяне на целите, планиране насоките за протичане на основните, спомагателните и системните процеси в организацията. Входните данни на тези процеси са свързани с изискванията и очакванията на клиентите;

- **Системни** (процеси от второ ниво) – обхващат дейности по организация, управление и развитие на действащата система за управление на риска;

- **Основни процеси** (процеси от трето ниво) - обхващат дейности, чрез които изискванията на клиентите се реализират чрез разработване на проекти, съответстващи на очакванията им и на действащите нормативни и законови разпоредби;

- **Поддържащи процеси** (процеси от четвърто ниво) - обхващат дейности по осигуряване на ръководните, управленските и основните процеси с необходимите ресурси и условия за тяхното осъществяване.

2.3. Елементи на системата за управление на риска:

- **входни елементи** – постъпваща документация; информация за съществуващ проблем (поставена цел), или свързана с постъпилата документация, изисквания към решаването проблема (поставената цел); материали, и т.н.;

- **ресурси** – основни ресурси, чрез които се реализира преобразуването на входни продукти в изходни (хора, апаратура, инфраструктура, технология за осъществяване на проектната дейност);

- **управляващи и контролни въздействия** – осигуряват координацията между подпроцесите и/или взаимодействието на изпълняваният процес с други процеси;

- **изходни продукти** – резултатите от конкретните дейности, които е възможно да бъдат входни продукти за друг процес;

На фигура 2 са показани взаимовръзките между елементите на процес от системата за управление на риска.



Фиг. 2. Елементи на процес от системата за управление на риска

2.4. Ключови участници в процесите от системата за управление на риска:

- **Контролиращ процеса** – длъжностно лице от организацията, извършващо контрол

на изпълнението на процеса, невземащо пряко участие в неговото осъществяване;

- **Управляващ процеса** – длъжностно лице от организацията, управляващо планирането, организацията, разпределението на ресурсите и изпълнението на дейностите, свързани с осъществяването на процеса;

- **Изпълняващ процеса** – длъжностно лице, назначено от Управляващ процес.

2.5. Йерархията на документите от двете нива на системата за управление на риска

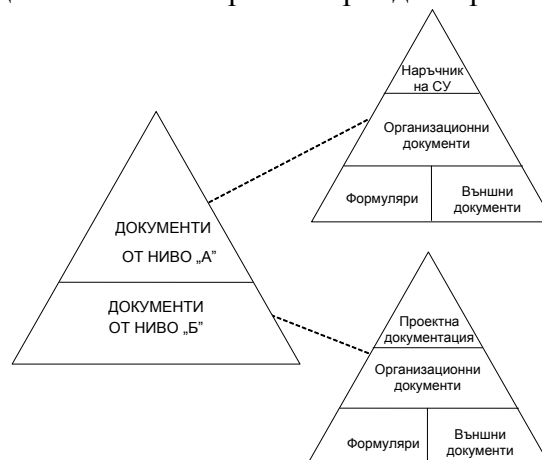
Йерархията на документите от системата за управление на риска при разработване на проекти е показана на фигура 3.

В системата се различават няколко основни категории документи:

- **Документи по качеството** – Наръчник по качеството, групови процедури, основни процедури, процесни карти и други, регламентиращи управлението на процесите във организацията и отчитащи спецификата на системата за управление;

- **Проектна документация** – проектни предложения, приемо-предавателни протоколи за отделните етапи на проекта, технологична документация, план-графици и др., регламентиращи процеса на управление на проектите и отчитащи тяхната специфика;

- **Заповеди и наредби** – документи с оперативен характер, регламентиращи изпълнението на конкретни процеси и дейности за конкретен период от време.



Фиг. 3. Йерархия на документите от системата за управление на риска при разработване на проекти

2.6. Система за управление на риска и подобрене на качеството при разработване на проекти в МСП

- **Ниво „А“** – цялостно управление на организацията, насочено преимуществено към подобряване на качеството.

Системата за управление на ниво „А“ се основава на традиционният метод FMEA.

Процеса на оценка на риска започва с определяне на потенциалните грешки за всеки елемент на модела на обекта. Тези грешки обикновено са свързани с неизпълнение на неговото функционално предназначение (разрушаване, загуба на характеристики и свойства и др.), с неправилно изпълнение на неговите функции (недостатъчно качество, ниска производителност и др.) или с вредни за елемента функции.

Като основа при определянето им могат да послужат:

- опита от предшестващи FMEA анализи или анализ на проблема, възникнал в гаранционния срок;

- потенциалните дефекти, които е възможно да възникнат при транспортиране, съхраняване, а също така и в резултат на изменение на външните условия (влажност, налягане, температура и др.);

- служебна информация на клиента за аналогични елементи (обекти).

Съставя се списък на всички възможни грешки по отношение на отделните елементи на обекта за анализ.

Следващата стъпка е определяне на потенциалните причини за грешките

За тяхното определяне може да се използва диаграмата на Ишикава, която се построява за всяка една функция на обекта, свързана с появяването на грешките.

Определят се всички възможни причини, които могат да предизвикат разглежданата грешка.

При определянето на потенциалните причини за грешките следва да се има предвид, че повечето реални системи не следват простия модел Причина-Ефект. Една причина може да има много на брой ефекти. Комбинация от причини може да води до един или много на брой ефекти. Причините могат сами да имат причини и ефектите могат да имат последващи ефекти.

Следва определяне на потенциалните последствия от грешките.

Потенциалните последствия от грешките се изразяват в неосигуряване на изходните характеристики и свойства на продукта или процеса. Това на практика води до неудовлетворяване на изискванията на крайния потребител и до невъзможност на продукта/процеса да изпълнява своето функционално предназначение.

Определя се възможността за откриване на грешката преди настъпването на последствията, в резултат на предвидените мероприятия за контрол, диагностика и др.

Определяне на параметъра за вероятност на възникване на грешката (P)

Параметърът (I) представлява експертна оценка по десетобалната система на тежестта на грешките върху клиента, с оглед на предварителните мероприятия за ограничаване на тяхното въздействие. Най-висока оценка се поставя в случаите, когато обекта не е в състояние да изпълнява своето функционално предназначение.

Оценката е независима от вероятността за проявяване и откриване на грешките.

Параметърът (P) представлява експертна оценка по десетобалната система на вероятността за появяване на всяка една причина за грешката, предвид на досегашните мероприятия за предотвратяване.

Приема се, че грешката и причините за грешката не се откриват преди продукта да достигне до клиента. Значимостта на грешките не влиза в оценката.

Параметърът (D) представлява експертна оценка по десетобалната система на вероятността за откриване на грешките, преди продукта да е достигнал до клиента и е независимо от тяхната вероятност за проявяване и тежест. Най-висока оценка се поставя за т. нар. “скрити дефекти”, които не могат да бъдат открити преди настъпване на последствията.

При оценяването трябва да се вземат под внимание предшестващите мероприятия за контрол и изпитване.

Чрез рисковото приоритетно число (RPN) се определя размера на риска – той показва съотношението между причините за

възникване на дефекта. Каквато е стойността на RPN, такъв е и риска.

Стойността на RPN(1) се определя като произведение на коефициентите за вероятност за проявление (P), значимост (I) и откриваемост (D) на грешките:

$$RPN = P.I.D \quad (1)$$

Това пресмятане се провежда за всички причини за грешките.

Рисковите приоритетни числа се явяват изходен пункт при определяне на последователността на предстоящите за провеждане подобряващи мероприятия за минимизиране на риска. Грешката с най-високо рисково приоритетно число $RPN \geq (100..120)$ подлежи на отстраняване в първата фаза на FMEA анализа.

В таблици 1 – 3 са указани скалите за оценяване на параметрите.

Таблица 1.: Примерно оценяване на тежестта на оценката при разработка на FMEA на процес (скала на оценяване от 1

Ефект	Оценка	Критерии
Няма	1	Може да бъде забелязан от оператора
Много слаб	2	Не влияе на следващите процеси
Слаб	3	Потребителя вероятно ще забележи ефекта, но влиянието му е слабо.
Незначителен	4	Може да бъде засегнат най-близкия/или предстоящ, като последователност процес
Умерен	5	Явно въздействие на всички операции Прогресиращо влошено представяне.
Тежък	6	Предизвиква повреда при предстоящите процеси
Много тежък	7	Значителен срив
Изключително тежък	8	Значително срив и значителни финансови въздействия
Недопустимо тежко	9	Много вероятен е риск следван от опасни последици Проблеми с безопасността поставените норми
Непоносимо тежък	10	Нараняване или вреда на работещият персонал Почти сигурен риск следван от опасни последици. Несъответствие на

Таблица 2: Оценяване на проявяването на риска при разработка на FMEA на процес

Проявяване	Оценка	Критерии
Извънредно невероятно	1	Рискът е силно необичаен.
Малка вероятност	2	Рядък брой на вероятни рискове.
Много ниска вероятност	3	Много малко вероятни рискове.
Ниска вероятност	4	Няколко вероятни риска.
Средно ниска вероятност	5	Вероятни са случайни рискове.
Средна вероятност	6	Вероятен е среден брой на рисковете.
Средно висока	7	Вероятен е средно висок брой на рисковете.
Силна вероятност	8	Вероятен висок брой на рисковете.
Много силна вероятност	9	Вероятен е много висок брой на рисковете.
Извънредно вероятен	10	Рискът е почти неизбежен.

Таблица 3 Оценяване на откриването на риска, при разработка на FMEA на процес

Откриване	Оценка	Критерии
Изключително вероятен	1	Почти сигурно е, че контролните действия ще открият съществуването на риск.
Много висока вероятност	2	Съществува много висока вероятност контролните действия да открият съществуването на риск.
Висока вероятност	3	Силна ефективност за откриване.
Средно висока вероятност	4	Средно висока ефективност за откриване.
Средна степен вероятност	5	Средна степен на ефективност за откриване.
Средно ниска степен вероятност	6	Средно ниска степен на ефективност за откриване.
Ниска вероятност	7	Ниска ефективност на откриване.
Много ниска вероятност	8	Най-ниска ефективност на откриване във всяка приложима категория.
Малка вероятност	9	Съществува много ниска вероятност контролните действия да открият съществуващ риск
Извънредно невероятно	10	Почти сигурно е, че контролните действия няма да открият

Препоръчва се при определянето на конкретните коригиращи мероприятия по т.

нар. “направление на въздействието” да се спазва следната **последователност**:

- **отстраняване на причините за възникване на дефекта.** Мероприятия, които посредством изменение на процеса или конструкцията целят да се намали възможността за възникване на дефекта (намаляване на стойността на параметъра Р) - възпрепятстват или проявяването на грешките или причините за грешките.

- **Възпрепятстване възникването на дефекта.** Мероприятия, които с помощта на статистическото регулиране да се попречи на възникването на грешката (намаляване на параметър Р);

- **намаляване на влиянието на дефекта.** Мероприятия, които в действителност не възпрепятстват появяването на грешките, а редуцират тяхното влияние при възложителя или следващия процес, с отчитане сроковете и загубите (намаляване на стойността на параметъра I).

- **намаляване на честотата на проявяване на дефекта.** Мероприятия, които позволяват повишаване откриваемостта на грешките (намаляват стойността на рисковото число D);

По отношение на степента им на влияние върху повишаване на качеството на процеса или изделието, коригиращите мероприятия се степенуват по следния начин:

- изменения в структурата на системата (конструкция, схема и др.);

- изменения в структурата на процес управление на проекти (вид, съдържание и последователност на дейностите, преходи и др.);

- подобряване на системата по качеството.

- Ниво „Б“ – управление на риска в проектите

Методиката за управление на риска при разработването на проекти на етап предложение се базира на методът FMEA (Fault Mode and Effect Analysis), намерил широко приложение при проектиране, производство и контрол в различни отрасли на промишлеността. Адаптиран, чрез разработка на научен проект в ТУ-Варна, към

потребностите на МСП, тя позволява оценяване на проекти, на база определяне на риска на при подаване на проектното предложение. Оценяването на риска се реализира чрез комплексна експертна независима оценка на елементите на риска от четири групи специалисти: ръководителя на проекта, оценители на технологичния капацитет, финансови експерти.

- Базови показатели и критерии за оценяване на проектни предложения.

Базовите показатели за оценка на проектите са в 3 направления, съдържащи различен брой критерии.

- Базов показател А. Съгласуваност на тематиката на проекта с политиката и целите на организацията;

- Базов показател В. Съответствие на проекта с технологичния и човешки капацитет на организацията;

- Базов показател С. Финансова обосновка на проекта

Всеки проект се оценява от четири различни групи специалисти (виж Таблица III.4), с цел да се постигне по-висока обективност на оценката, като всяка група съдържа специалисти по съответния базов показател и критерии за оценка на проекта. Тези групи оценяват различните компоненти на риска, като поставят оценки, съгласно таблици 1-3.

Състава на групите от експерти оценяващи риска на проекта, съгласно таблица III.7 е както следва:

- а) **група Г1** е съставена от членовете на екипа, участващ в изготвянето на предложението за проект.

- б) **група Г2** се състои от отговорните за контролирането на процеса на управление на проекти лица, които са добре запознати с текущите приоритети и цели в дейност на организацията.

- в) **група Г3** се състои от оценител, който е външен за проектния екип;

- д) **група Г4** включва финансови експерти.

Таблица 4. Разпределение на критериите за оценка на проект по групи оценители

Критерий	Степен на съответствие	Вероятност за изпълнение	Адекватност
Базов показател А			
Критерий А1	Г1	Г1	Г2
Критерий А2			
Критерий Аn			
Базов показател В			
Критерий В1	Г1	Г1	Г3
Критерий В2			
Критерий Вn			
Базов показател С			
Критерий С1	Г1	Г1	Г4
Критерий С2			
Критерий Сn			

При етапа на подаване на проектното предложение оценката се извършва за да се определи риска за неизпълнение на критериите (респективно на базовите показатели) в предложението за проект.

Рисковото приоритетно число $RPN_{i,j}$ за всеки един критерий от даден базов показател се определя по формулата:

$$RPN(I,P,A,D)_{i,j} = I_{i,j} \cdot P_{i,j} \cdot A_{i,j} \cdot (D_{I,A})_{i,j} \quad (2)$$

където:

- $I_{i,j}$ ($\in 1 \div 4$) е степента на влияние на проекта върху изпълнението на критерия i от базовия показател j ;

- $P_{i,j}$ ($\in 1 \div 4$) е вероятността проекта да постигне критерия i от базовия показател j ;

- $A_{i,j}$ ($\in 1 \div 4$) е степента на адекватност на оценките на влиянието и вероятността проекта да постигне критерия i от базовия показател j ;

- $(D_{I,A})_{i,j} = |I_{i,j} - A_{i,j}|$, ($\in 1 \div 4$) е абсолютната разлика между поставените оценки от ръководителя и от оценяващия на степента на влияние и адекватността на степента на влияние на проекта.

Особеност на алгоритъма е, че оценките I и P по всеки критерий се поставят от екипа разработващ проекта, а оценката A се поставя

от външните за проекта експерти, като по този начин се постига по-висока степен на обективност при оценяването. Параметър D се определя автоматично на базата на поставените оценки на параметрите I и A , по следния алгоритъм:

$$(D_{I,A})_{i,j} = \begin{cases} D_{I,A} \leftarrow 1 \text{ if } |I_{i,j} - A_{i,j}| = 0 \\ D_{I,A} \leftarrow 2 \text{ if } |I_{i,j} - A_{i,j}| = 1 \\ D_{I,A} \leftarrow 3 \text{ if } |I_{i,j} - A_{i,j}| = 2 \\ D_{I,A} \leftarrow 4 \text{ if } |I_{i,j} - A_{i,j}| = 3 \\ D_{I,A} \leftarrow 5 \text{ if } |I_{i,j} - A_{i,j}| = 4 \\ D_{I,A} \leftarrow 6 \text{ if } |I_{i,j} - A_{i,j}| = 5 \\ D_{I,A} \leftarrow 7 \text{ if } |I_{i,j} - A_{i,j}| = 6 \\ D_{I,A} \leftarrow 8 \text{ if } |I_{i,j} - A_{i,j}| = 7 \\ D_{I,A} \leftarrow 9 \text{ if } |I_{i,j} - A_{i,j}| = 8 \\ D_{I,A} \leftarrow 10 \text{ if } |I_{i,j} - A_{i,j}| = 9 \end{cases} \quad (3)$$

Смисъла на параметър D е да се отчете разликата в поставените оценки I (от екипа на проекта) и A (от външните за проекта експерти). Колкото разликата в оценката на екипа и външните експерти е по-голяма (по абсолютна стойност), толкова и множителя D получава по-висока стойност, което респективно води до завишаване на рисковото приоритетно число $RPN_{i,j}$ по дадения критерий.

Всеки един от параметрите I и P получава като оценка целочислени стойности в интервала от 1 до 10, като по-ниските стойности съответстват на по-висока степен на съответствие I и вероятност P проекта да изпълни дадения критерий. Стойностите на параметрите A и D също се подчиняват на гореописаната логика.

В резултат, рисковото приоритетно число RPN (формула 2) е бездименсионна величина, която може да приема стойности от 1 до 10000. Граничните стойности на $RPN_{гр.}$, над която се счита, че оценявания проект е рисков по даден критерий се избира на базата на допълнителен анализ.

След като се оценят всичките N на брой критерии в рамките на дадения базов показател, се определя средноаритметичното ниво на риск RPN на проекта по показателя j , както следва:

$$RPN_j = \frac{\sum_{i=1}^N RPN(I, P, A, D)_{i,j}}{N} \quad (4)$$

Алгоритъма се повтаря докато проекта не бъде оценен по всички критерии и базови показатели.

- Планиране и реализиране на мерки за минимизиране на риска. Оценяване на остатъчния риск.

Тази стъпка се изпълнява в случаите на получен при оценката на проекта риск над допустимата граница по един или няколко критерия и когато независимо от това, ръководството на организацията проявява интерес за реализацията му (например за изпълнение на определени стратегически цели на организацията или за задоволяване потребностите на ключов клиент). В тези случаи, предложението за проект може да бъде върнато на ръководителя на екипа на проекта за подобряване на параметрите и респективно снижаване на риска за неизпълнение на критериите и базовите показатели на проекта.

След изпълнение на необходимите корекции или промени в параметрите на проекта, се извършва последваща оценка на проекта, с цел да се провери нивото на остатъчния риск. Ако извършените корекции в проекта не водят до необходимото понижаване на риска, същия може да бъде повторно върнат за коригиране от екипа, до постигане на приемливо ниво на риска от реализацията му.

- Определяне на рейтинг на проекта.

На базата на количествено определените рискове по критерии и базови показатели $RPN_{гр.}$ в предложената методика, е възможно те да се трансформират така, че да послужат за формиране на рейтинг както на предложенията за проекти. Взаимовръзката между оценения риск по критериите към даден базов показател, може да се определи по следния израз:

$$Rate_{i,j} = \begin{cases} Rate_{i,j} \leftarrow a & \text{if } RPN_{i,j} \geq RPN_{гр.1} \\ \text{otherwise} & \\ Rate_{i,j} \leftarrow b & \text{if } RPN_{i,j} \geq RPN_{гр.2} \\ \text{otherwise} & \\ Rate_{i,j} \leftarrow c & \text{if } RPN_{i,j} \geq RPN_{гр.3} \\ \dots & \end{cases} \quad (5)$$

където:

- $RPN_{i,j}$ е оценения риск по даден критерий i към даден базов показател j по формула (1);

- $RPN_{гр.1}, RPN_{гр.2}, RPN_{гр.3} \dots RPN_{гр.}$ са гранични стойности на риска;

- $a, b, c \dots$ са съответстващ брой точки, които формират рейтинг $Rate_{i,j}$ на проекта по дадения критерий в зависимост от големината на $RPN_{i,j}$.

Сумирайки рейтинга $Rate_{i,j}$ (брой точки) на всички критерии към даден базов показател се формира рейтинг на проекта по базовия показател j :

$$Rate_j = \sum_{i=1}^N Rate_{i,j} \quad (6)$$

Аналогично, сумирайки рейтинга $Rate_j$ (броят точки) на всички базови показатели (M на брой) за оценка, се получава сумарния рейтинг на проекта:

$$Rate_{\Sigma project} = \sum_{j=1}^M Rate_j \quad (7)$$

Броят на точките, които се присвояват на параметрите $a, b, c \dots$ от (5), зависи от броя на критериите и броят на базовите показатели по които се оценява проекта, като те се подбират така, че да е изпълнено условието $\max(Rate_{\Sigma project}) = 100$.

При приключване на проекта се използва метода **бенчмаркинг**. Резултатите от анализа на риска на проектните предложения се използва като изходни данни за процеса на бенчмаркинг. **Скалата**, която е използвана е показана в таблица 5.

Таблица 5. Скала за определяна на коефициента на изпълнение на проекта	
По-малко от 20%	Много слабо изпълнение на заложените цели
20%-40%	Слабо изпълнение на заложените цели
40%-60%	Добро изпълнение на поставените цели
60%-80%	Много добро изпълнение на поставените цели
80%-100%	Отлично изпълнение на заложените цели

Критериите за оценка се запазват с тези, които са заложили в началото на процеса. Групите експерти, които изготвят оценката се запазват с изключение на самооценката на ръководителя на екипа, която се изключва.

Така коефициента на изпълнение на проекта се оценява за всеки критерий по следният начин:

$$B_{i,j} = RPN_{i,j} \cdot K_{i,j} \quad (8)$$

Където:

- $RPN_{i,j}$ – е оценения риск по даден критерий i към даден базов показател j по формула (1);

$K_{i,j}$ - степента на изпълнение на заложената цел по критерий i към даден базов показател j .

След като се оценят всичките N на брой критерии в рамките на дадения базов показател, се определя средноаритметичното ниво на изпълнение B на проекта по показателя j , както следва:

$$B_j = \frac{\sum_{i=1}^N B(RPN, K)_{i,j}}{N} \quad (9)$$

Получената разлика в оценките на етап предложение и на етап отчет показват степента на изпълнение на проекта. Колкото по-малка е разликата, толкова по-пълно са изпълнени заложените цели в проекта.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Могат да се направят следните изводи относно предложената системата за управление на проекти в МСП:

1. Допринася за превантивно постигането на съответствие на разработваните проекти със стратегическите и краткосрочни цели на МСП и нормативните изисквания за дейността, заложили в приложимите нормативни документи.

2. Натрупаният опит от внедряването на предложената система ще повиши ефективността на проектната дейност в МСП, благодарение на събраната достоверна информация за надеждността на екипите,

успеваемостта на проектите и техните ръководители.

3. С настъпилите промени в стандарта ISO9001:2015, където се промотира „мислене базирано на риска“ формулираната система неоспоримо има място като част от системата за управление на организациите, с всички ползи, които този тип системи носят със себе си.

Литература:

- [1] Национален статистически институт, Демографско развитие на малките и средни предприятия в България през периода 1995-2001г., 2002, София, Национален статистически институт
- [2] Изпълнителна агенция за насърчване на малките и средните предприятия, Анализ на състоянието и факторите за развитие на МСП в България : 2011-2012г., София, 2012г., ИАНМСП
- [3] Изпълнителна агенция за насърчване на малките и средните предприятия, Анализ на състоянието и факторите за развитие на МСП в България : 2012-2013г., София, 2013г., ИАНМСП
- [4] Изпълнителна агенция за насърчване на малките и средните предприятия, Изследване на предприемачеството и перспективите за развитие на иновациите в МСП: 2012-2013г., София, 2013г., ИАНМСП
- [5] Министерство на икономиката и енергетиката, Годишен доклад за състоянието на МСП в България, специално издание, София, 2006, Министерство на икономиката и енергетиката.
- [6] St-Pierre, J. & Bahri, M. 2006. The use of the accounting beta as an overall risk indicator for unlisted companies. Journal of Small Business and Enterprise Development, 13(4):546-561
- [7] Carlton, T. 1999. Risk and capital management in non-financial companies. Risk and Capital Management Conference Proceedings, Australian Prudential Regulation Authority. [Online]. http://www.apra.gov.au/RePEc/RePEcDocs/Archive/conference_papers1/risk_capmgt_non_financial_companies.pdf
- [8] Cotner, J.S. & Fletcher, H.D. 2000. Computing the cost of capital for privately held firms. American Business Review, 18(2):27-33.

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1
Технически университет -Варна
хоноруван асистент
email: paolina.politova@mail.bg

ISSN 1310-5833
