

ISSN 1311-3321 (print)
ISSN 2535-1028 (CD-ROM)
ISSN 2603-4123 (on-line)

UNIVERSITY OF RUSE “Angel Kanchev”
РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ “АНГЕЛ КЪНЧЕВ”

BSc, MSc and PhD Students & Young Scientists
Студенти, докторанти и млади учени

PROCEEDINGS
Volume 57, book 2.2
Mechanical Engineering and
Machine-Building Technologies

НАУЧНИ ТРУДОВЕ
Том 57, серия 2.2
Механика и машиностроителни технологии

Ruse
Русе
2018

Volume 57 of PROCEEDINGS includes the papers presented at the scientific conference RU & SU'18, organized and conducted by University of Ruse "Angel Kanchev" and the Union of Scientists - Ruse. Series 2.2 contains papers of BSc, MSc, PhD Students and Young Scientists reported in the Mechanical Engineering and Machine-Building Technologies section.

Book	Code	Faculty and Section
Faculty of Mechanical and Manufacturing		
2.1	FRI-1.417-1-MEMBT	Mechanical Engineering and Machine-Building Technologies
2.2	FRI-SSS-MEMBT	Mechanical Engineering and Machine-Building Technologies

The papers have been reviewed.

ISSN 1311-3321 (print)

ISSN 2535-1028 (CD-ROM)

ISSN 2603-4123 (on-line) Copyright © authors

The issue was included in the international ISSN database, available at <https://portal.issn.org/>.

The online edition is registered in the portal ROAD scientific resources online open access



PROGRAMME COMMITTEE

- **Prof. Velizara Pencheva, PhD,**
University of Ruse, Bulgaria
- **Prof. Leon Rothkrantz**
Delft University of Technology, Netherlands
- **Assoc. Prof. Antonio Jose Mendes,**
University of Coimbra, Portugal
- **Prof. Ville Leppanen,**
University of Turku, Finland
- **Assoc. Prof. Marco Porta,**
University of Pavia, Italy
- **Prof. Douglas Harms,**
DePauw University, USA
- **Prof. Ismo Hakala, PhD,**
University of Jyväskylä, Finland
- **Prof. Dr. Artur Jutman,**
Tallinn University of Technology, Estonia
- **Prof. RNDr. Vladimír Tvarozek, PhD,**
Slovak University of Technology in Bratislava, Bratislava, Slovakia
- **Doc. Ing. Zuzana Palkova, PhD,**
Slovak University of Agriculture in Nitra, Nitra, Slovakia
- **Andrzej Tutaj, PhD,**
AGH University of Science and Technology, Krakow, Poland
- **Assoc. Prof. Behiç TEKİN, PhD,**
EGE University, Izmir, Turkey,
- **Prof. Valentin NEDEFF Dr. eng. Dr.h.c.,**
“Vasile Alecsandri” University of Bacău, Romania
- **Dr. Cătălin POPA,**
“Mircea cel Bătrân” Naval Academy, Constantza, Romania
- **Prof. dr Larisa Jovanović,**
Alfa University, Belgrade, Serbia
- **Prof. dr hab. Edmund LORENCOWICZ,**
University of Life Sciences in Lublin, Poland
- **Assoc. Prof. Ion MIERLUS - MAZILU, PhD,**
Technical University of Civil Engineering, Bucharest, Romania
- **Prof. Dojčil Vojvodić PhD,**
Faculty of Philosophy, University of Novi Sad, Serbi
- **Assoc. Prof. Alexandrache Carmen, PhD,**
Department of Teacher Training, “Dunarea de Jos”, Galati University, Romania
- **Prof. Alberto Cabada,**
University of Santiago de Compostela, Faculty of Mathematics, Santiago de Compostela, Spain
- **Assoc. Prof. Dr. Mehmet Şahin,**
Necmettin Erbakan University, Ahmet Keleşoğlu Faculty of Education, Konya, Turkey
- **Assoc. Prof. Erika Gyöngyösi Wiersum, PhD,**
Eszterházy Károly University, Comenius Campus in Sárospatak, Institute of Real Sciences, Sárospatak, Hungary
- **Anna Klimentova, PhD,**
Constantine the Philosopher University in Nitra, Slovakia
- **Prof. Igor Kevorkovich Danilov, DSc,**
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia

- **Prof. Aleksander Valentinov Sladkowski, DSc,**
Silesian University of Technology, Poland
- **Prof. Pether Shulte, PhD,**
Institute for European Affairs (INEA), Dusseldorf, Germany
- **Prof. Aslitdin Nizamov, DSc., PhD,**
Bukhara Engineering-Technological Institute, Bukhara, Uzbekistan
- **Prof. Marina Sheresheva, PhD,**
Lomonosov Moscow State University, Russia
- **Prof. Erik Dahlquist, PhD,**
Mälardalen University, Sweden
- **Prof. Erik Lindhult, PhD,**
Mälardalen University, Sweden
- **Prof. Annika Kunnasvirta, PhD,**
Turku University of Applied Sciences, Finland
- **Prof. Walter Leal, Dr. (mult.) Dr.h.c. (mult.),**
Hamburg University of Applied Sciences, Germany
- **Prof. Dr. Gerhard Fiolka,**
University of Fribourg, Switzerland
- **Prof. Haluk Kabaalioglu, PhD,**
Yeditepe University, Turkey
- **Prof. Silva Alves, PhD,**
University of Lisbon, Portugal
- **Hanneke van Bruggen,**
Appeldoorn, The Netherlands
- **Nino Žganec,**
President of European Association of Schools of Social Work, Assoc. Prof. at the Department of Social Work,
University of Zagreb, Croatia
- **Prof. Violeta Jotova,**
Направление „Педиатрия“ в УМБАЛ „Св. Марина“ – Варна, България
- **Assoc. Prof. Tanya Timeva, MD, PhD,**
Obstetrics and Gynecology Hospital "Dr. Shterev", Sofia, Bulgaria
- **Prof. Kiril Stoychev, PhD,**
Institute of Metal Science, Equipment and Technologies “Acad. A. Balevski” with Hydroaerodynamics centre
– BAS, Bulgaria
- **Assoc. Prof. Mark Shamtsyan, PhD,**
Technical University, Saint Petersburg, Russia
- **Assoc. Prof. Oleksii Gubenia, PhD,**
National University of Food Technologies, Kiev, Ukraine
- **Assoc. Prof. Olexandr Zaichuk, DSc,**
Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnepropetrovsk, Ukraine
- **Prof. Eugene Stefanski, DSc,**
Samara University, Russia
- **Doc. Dr. Tatiana Strokovskaya,**
International University of Nature “Dubna”, Dubna, Russia
- **Prof. DSc. Petar Sotirow,**
Maria Curie-Skłodowska University of Lublin, Poland
- **Prof. Papken Ehasar Hovsepian,**
Sheffield Hallam University, Sheffield, UK
- **Assoc. Prof. Krassimir Dochev Dochev, PhD,**
University of Portsmouth School of Engineering, UK
- **Mariana Yordanova Docheva, PhD,**
University of Portsmouth School of Engineering, UK

- **Assoc. Prof. Ivan Antonov Lukanov, PhD,**
University of Botswana, Faculty of Engineering and Technology, Gaborone, Botswana
- **Assoc. Prof. Petko Vladev Petkov, PhD,**
Research Associate Cardiff University, UK
- **Prof. Stepan Terzian DSc,**
Bulgarian Academy of Science, Bulgaria
- **Prof. Dr. Gabriel Negreanu,**
University Politehnica of Bucharest, Romania

ORGANISING COMMITTEE

- ♦ **ORGANIZED BY: University of Ruse (UR) and Union of Scientists (US) - Ruse**
- ♦ **ORGANISING COMMITTEE:**
 - **Chairpersons:**
COR. MEM Prof. Hristo Beloev, DTSc – Rector of UR, Chairperson of US - Ruse
 - **Scientific Secretary:**
Prof. Diana Antonova PhD, Vice-Rector Research,
dantonova@uni-ruse.bg, 082/888 249
- ♦ **MEMBERS:**
Assoc. Prof. Kaloyan Stoyanov, PhD
Assoc. prof. Velina Bozduganova, PhD,
Assoc. Prof. Kiril Sirakov, PhD,
Assoc. Prof. Milko Marinov, PhD,
Pr. Assist. Elena Ivanova, PhD,
Assoc. Prof. Simeon Iliev, PhD,
Assoc. Prof. Pavel Vitliemov, PhD,
Assoc. Prof. Mimi Kornazheva, PhD,
Boryana Stancheva, PhD,
Prof. Vladimir Chukov, DESc,
Pr. Assist. Krasimir Koev, PhD,
Prof. Juliana Popova, PhD,
Pr. Assist. Hristina Sokolova, PhD,
Pr. Assist. Magdalena Andreeva, PhD,
Assoc. Prof. Emilia Velikova, PhD,
Assoc. prof. Bagryana Ilieva, PhD,
Pr. Assist. Reneta Zlateva, PhD,
Pr. Assist. Velislava Doneva, PhD,
Assoc. Prof. Stefka Mindova,
Assoc. prof. Sasho Nunev, PhD,
Assoc. Prof. Despina Georgieva, PhD,
Pr. Assist. Vanya Panteleeva, PhD,
Assoc. Prof. Emil Trifonov, PhD,
Assoc. Prof. Galina Lecheva;
Assist. Prof. Milen Sapundzhiev, PhD;
Assoc. Prof. Tsvetan Dimitrov, PgD,
Assoc. Prof. Nastya Ivanova, PhD,

PROGRAMME COMMITTEE

- **Prof. Velizara Pencheva, PhD,**
University of Ruse, Bulgaria
- **Prof. Leon Rothkrantz**
Delft University of Technology, Netherlands
- **Assoc. Prof. Antonio Jose Mendes,**
University of Coimbra, Portugal
- **Prof. Ville Leppanen,**
University of Turkey, Finland
- **Assoc. Prof. Marco Porta,**
University of Pavia, Italy
- **Prof. Douglas Harms,**
DePauw University, USA
- **Prof. Ismo Hakala, PhD,**
University of Jyväskylä, Finland
- **Prof. Dr. Artur Jutman,**
Tallinn University of Technology, Estonia
- **Prof. RNDr. Vladimír Tvarozek, PhD,**
Slovak University of Technology in Bratislava, Bratislava, Slovakia
- **Doc. Ing. Zuzana Palkova, PhD,**
Slovak University of Agriculture in Nitra, Nitra, Slovakia
- **Andrzej Tutaj, PhD,**
AGH University of Science and Technology, Krakow, Poland
- **Assoc. Prof. Behiç TEKİN, PhD,**
EGE University, Izmir, Turkey,
- **Prof. Valentin NEDEFF Dr. eng. Dr.h.c.,**
“Vasile Alecsandri” University of Bacău, Romania
- **Dr. Cătălin POPA,**
“Mircea cel Bătrân” Naval Academy, Constantza, Romania
- **Prof. dr Larisa Jovanović,**
Alfa University, Belgrade, Serbia
- **Prof. dr hab. Edmund LORENCOWICZ,**
University of Life Sciences in Lublin, Poland
- **Assoc. Prof. Ion MIERLUS - MAZILU, PhD,**
Technical University of Civil Engineering, Bucharest, Romania
- **Prof. Dojčil Vojvodić PhD,**
Faculty of Philosophy, University of Novi Sad, Serbi
- **Assoc. Prof. Alexandrache Carmen, PhD,**
Department of Teacher Training, “Dunarea de Jos”, Galati University, Romania
- **Prof. Alberto Cabada,**
University of Santiago de Compostela, Faculty of Mathematics, Santiago de Compostela, Spain
- **Assoc. Prof. Dr. Mehmet Şahin,**
Necmettin Erbakan University, Ahmet Keleşoğlu Faculty of Education, Konya, Turkey
- **Assoc. Prof. Erika Gyöngyösi Wiersum, PhD,**
Eszterházy Károly University, Comenius Campus in Sárospatak, Institute of Real Sciences, Sárospatak, Hungary
- **Anna Klimentova, PhD,**
Constantine the Philosopher University in Nitra, Slovakia
- **Prof. Igor Kevorkovich Danilov, DSc,**
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia

- **Prof. Aleksander Valentinov Sladkowski, DSc,**
Silesian University of Technology, Poland
- **Prof. Pether Shulte, PhD,**
Institute for European Affairs (INEA), Dusseldorf, Germany
- **Prof. Aslitdin Nizamov, DSc., PhD,**
Bukhara Engineering-Technological Institute, Bukhara, Uzbekistan
- **Prof. Marina Sheresheva, PhD,**
Lomonosov Moscow State University, Russia
- **Prof. Erik Dahlquist, PhD,**
Mälardalen University, Sweden
- **Prof. Erik Lindhult, PhD,**
Mälardalen University, Sweden
- **Prof. Annika Kunnasvirta, PhD,**
Turku University of Applied Sciences, Finland
- **Prof. Walter Leal, Dr. (mult.) Dr.h.c. (mult.),**
Hamburg University of Applied Sciences, Germany
- **Prof. Dr. Gerhard Fiolka,**
University of Fribourg, Switzerland
- **Prof. Haluk Kabaalioglu, PhD,**
Yeditepe University, Turkey
- **Prof. Silva Alves, PhD,**
University of Lisbon, Portugal
- **Hanneke van Bruggen,**
Appeldoorn, The Netherlands
- **Nino Žganec,**
President of European Association of Schools of Social Work, Assoc. Prof. at the Department of Social Work,
University of Zagreb, Croatia
- **Prof. Violeta Jotova,**
Направление „Педиатрия“ в УМБАЛ „Св. Марина“ – Варна, България
- **Assoc. Prof. Tanya Timeva, MD, PhD,**
Obstetrics and Gynecology Hospital "Dr. Shterev", Sofia, Bulgaria
- **Prof. Kiril Stoychev, PhD,**
Institute of Metal Science, Equipment and Technologies "Acad. A. Balevski" with Hydroaerodynamics centre
– BAS, Bulgaria
- **Assoc. Prof. Mark Shamtsyan, PhD,**
Technical University, Saint Petersburg, Russia
- **Assoc. Prof. Oleksii Gubenia, PhD,**
National University of Food Technologies, Kiev, Ukraine
- **Assoc. Prof. Olexandr Zaichuk, DSc,**
Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnepropetrovsk, Ukraine
- **Prof. Eugene Stefanski, DSc,**
Samara University, Russia
- **Doc. Dr. Tatiana Strokovskaya,**
International University of Nature "Dubna", Dubna, Russia
- **Prof. DSc. Petar Sotirow,**
Maria Curie-Skłodowska University of Lublin, Poland
- **Prof. Papken Ehasar Hovsepian,**
Sheffield Hallam University, Sheffield, UK
- **Assoc. Prof. Krassimir Dochev Dochev, PhD,**
University of Portsmouth School of Engineering, UK
- **Mariana Yordanova Docheva, PhD,**
University of Portsmouth School of Engineering, UK

- **Assoc. Prof. Ivan Antonov Lukanov, PhD,**
University of Botswana, Faculty of Engineering and Technology, Gaborone, Botswana
- **Assoc. Prof. Petko Vladev Petkov, PhD,**
Research Associate Cardiff University, UK
- **Prof. Stepan Terzian DSc,**
Bulgarian Academy of Science, Bulgaria
- **Prof. Dr. Gabriel Negreanu,**
University Politehnica of Bucharest, Romania

ORGANISING COMMITTEE

- ♦ **ORGANIZED BY: University of Ruse (UR) and Union of Scientists (US) - Ruse**
- ♦ **ORGANISING COMMITTEE:**
 - **Chairpersons:**
COR. MEM Prof. Hristo Beloev, DTSc – Rector of UR, Chairperson of US - Ruse
 - **Scientific Secretary:**
Prof. Diana Antonova PhD, Vice-Rector Research,
dantonova@uni-ruse.bg, 082/888 249
- ♦ **MEMBERS:**
Assoc. Prof. Kaloyan Stoyanov, PhD
Assoc. prof. Velina Bozduganova, PhD,
Assoc. Prof. Kiril Sirakov, PhD,
Assoc. Prof. Milko Marinov, PhD,
Pr. Assist. Elena Ivanova, PhD,
Assoc. Prof. Simeon Iliev, PhD,
Assoc. Prof. Pavel Vitliemov, PhD,
Assoc. Prof. Mimi Kornazheva, PhD,
Boryana Stancheva, PhD,
Prof. Vladimir Chukov, DESc,
Pr. Assist. Krasimir Koev, PhD,
Prof. Juliana Popova, PhD,
Pr. Assist. Hristina Sokolova, PhD,
Pr. Assist. Magdalena Andreeva, PhD,
Assoc. Prof. Emilia Velikova, PhD,
Assoc. prof. Bagryana Ilieva, PhD,
Pr. Assist. Reneta Zlateva, PhD,
Pr. Assist. Velislava Doneva, PhD,
Assoc. Prof. Stefka Mindova,
Assoc. prof. Sasho Nunev, PhD,
Assoc. Prof. Despina Georgieva, PhD,
Pr. Assist. Vanya Panteleeva, PhD,
Assoc. Prof. Emil Trifonov, PhD,
Assoc. Prof. Galina Lecheva;
Assist. Prof. Milen Sapundzhiev, PhD;
Assoc. Prof. Tsvetan Dimitrov, PgD,
Assoc. Prof. Nastya Ivanova, PhD,

◆ **REVIEWERS:**

Prof. Branko Sotirov, PhD,

Prof. Iveli Ivanov, PhD,

Assoc. Prof. Rusi Minev, PhD,

Assoc. Prof. Krasimir Ivanov, PhD,

Assoc. Prof. Boris Sakakushev, PhD,

Assoc. Prof. Rosen Radev, PhD,

Assoc. Prof. Danail Gospodinov, PhD,

Assoc. Prof. Dimitar Dimitrov, PhD

MECHANICAL ENGINEERING AND MACHINE-BUILDING TECHNOLOGIES

Content

1. FRI-SSS-MEMBT-01	9
Radio-Controlled Model of Airplane Boeing 747	
<i>Sergei Reshetinskii, Chavdar Kostadinov</i>	
2. FRI-SSS-MEMBT-02	14
Development and Desing of Dog Wheelchair	
<i>Diana Truhcheva, Nikolay Stankov, Aleksandar Ivanov</i>	
3. FRI-SSS-MEMBT-03	28
Computer Modeling of a System of Three Biological Populations	
<i>Daniel Dimitrov, Velina Bozduganova</i>	
4. FRI-SSS-MEMBT-04	33
Opportunities for a Theoretical Modal Analysis of Type Construction “Crane Boom”	
<i>Nikolay Nikolov, Rosica Stoyanova, Antoana Boseva</i>	
5. FRI-SSS-MEMBT-05	37
Development of an Experimental Test Facility for a 3D Contact Measuring Head by Using a Touch Signal	
<i>Valentin Mihov, Stanislav Dermenji, Toni Georgieva, Birgyl Bekirova</i>	
6. FRI-SSS-MEMBT-06	41
Employment of Rapid Prototyping in Specific Medical and Industrial Applications	
<i>Dimitar Kamarinchev, Roussi Minev, Emil Yankov, Mariana Ilieva</i>	
7. FRI-SSS-MEMBT-07	46
High-temperature synthesis on the intermetallic compound. Nitinol (nickel and titanium) receiving and analyzing the properties	
<i>Stanislav Dermenji, Emil Yankov</i>	
8. FRI-SSS-MEMBT-08	56
Development of combined machining by surface plastic deformation	
<i>Konstantin Radkovski, Djamal Drenkov, Elena Nikolova</i>	
9. FRI-SSS-MEMBT-09	62
Constructions of cutting and deforming blocks in combined tools for surface plastic deformation	
<i>Konstantin Radkovski, Djamal Drenkov, Pavel Petrov</i>	
10 FRI-SSS-MEMBT-10	69
Special features of the surface plastic deformation plastic deformation tools	
<i>Konstantin Radkovski, Elena Nikolova, Pavel Petrov</i>	

RADIO-CONTROLLED MODEL OF AIRPLANE BOEING 747¹

Sergei Reshetinskii – Student

Department of Manufacturing engineering and machine cutting,
University of Ruse “Angel Kanchev”

Tel.: +359 897 672 406

E-mail: reshetinskii@gmail.com

Chavdar Kostadinov, PhD

Department of Manufacturing engineering and machine cutting,
University of Ruse “Angel Kanchev”

Phone: +359 82 888 742

E-mail: chkostadinov@uni-ruse.bg

Abstract: The paper presents the stages of construction of the Boeing 747, as well as radio-controlled model of this aircraft. It describes the design of the model and the used radio components for its propulsion. The flight is scheduled to be around 30 minutes.

Keywords: airplane, Boeing 747 cargo, radio-controlled model

ВЪВЕДЕНИЕ

Използването на летателни апарати е мечта на човечеството още от времето на Икар. Запазени са чертежи на Леонардо да Винчи отпреди 500 години, които представят оригинални идеи на летателни машини. В момента карго самолетите са неизменни помощници в пренасянето на множество товари по всички краища на света.



Фиг. 1. Боинг 747 карго по време на излитане

Представеният модел на летателен апарат е на най-големия самолет за пренос на товари. „Boeing 747“ е широкофюзелажен, търговски авиолайнер за превоз на пътници и товари, често наричан с прякора си „Джъмбо Джет“ или „Кралица на небесата“ (bg.wikipedia.org, 2019). Той е най-разпознаваемият самолет в света и е първият широкофюзелажен самолет, произвеждан някога (Great Planes-Boeing 747, 2007). Произведен е в завода за цивилни търговски самолети на Boeing в САЩ. Първият „Джъмбо Джет“ е с два

¹ Докладът е представен на студентската научна сесия на 9.05.2018 г. в секция „Механика и машиностроителни технологии“ с оригинално заглавие на български език: РАДИОУПРАВЛЯЕМ МОДЕЛ НА САМОЛЕТ БОИНГ 747.

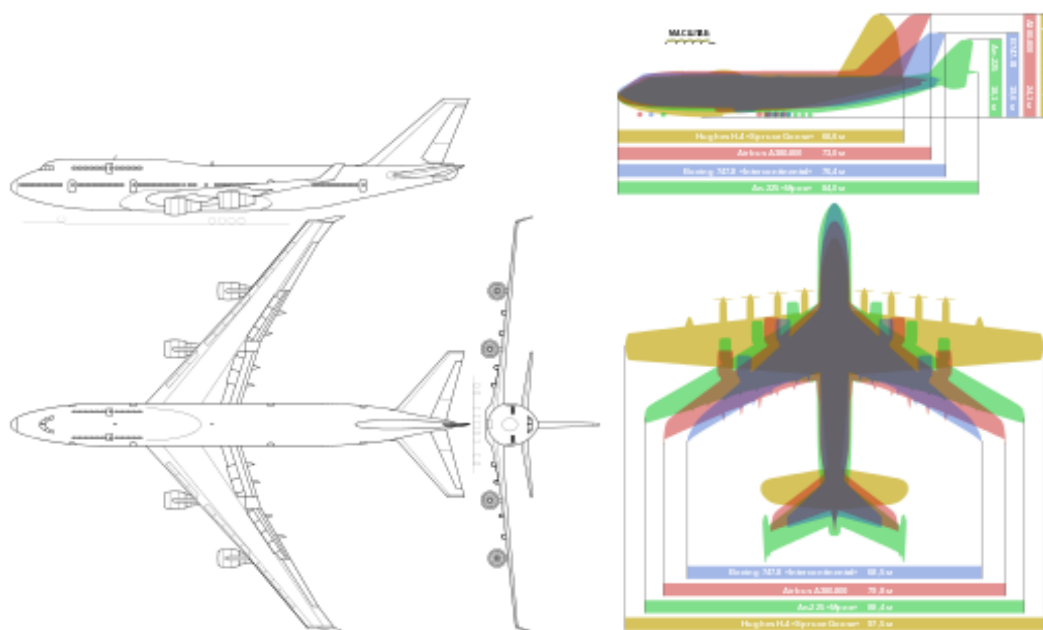
и половина пъти по-голям капацитет от „Boeing 707“ (Branson R., 1998), който по това време, 60-те години на 20 век, е най-големият търговски самолет. „Boeing 747“ държи световния рекорд за най-голям пътнически самолет в продължение на 37 години от момента на първия си полет през 1970 г. (A380 superjumbo lands in Sydney, 2007).

В предната част на фюзелажа четиридвигателният 747 има двупалубна конфигурация, използвана за всички варианти на самолета – пътнически, транспортен и други. От Boeing проектират горната палуба на фюзелажа като гърбица с цел да осигурят допълнителни места, а и да отделят първа класа от пътническия салон. Също така позволява самолетът да бъде конвертиран много лесно в товарен самолет за големи товари, като се добави голяма предна товарна врата. Boeing разчитат много на товарния вариант, тъй като през 60-те години надпреварата за създаването на свръхзвуков пътнически самолет е в разгара си и се е смятало, че създаването им ще измести от пазара дозвуковите пътнически самолети, но няма да окаже влияние на товарните дозвукови самолети.

ИЗЛОЖЕНИЕ

История на създаването на самолета Boeing 747

Boeing 747 е замислен, когато пътуването със самолет се увеличава през 60-те години. Огромната популярност на „Boeing 707“ и на Douglas DC-8 играе водеща роля в зората на ерата на търговските самолети, която е революция в пътуването на далечни разстояния. Дори преди да изгубят договора за CX-HLS, Boeing са притиснати от Juan Trippe, (президент на Pan American World Airways (Pan Am), един от най-важните клиенти на Boeing, да създадат пътнически самолет, два пъти по-голям от 707.



Фиг. 2 Boeing 747

По това време летищата започват да се претоварват от постоянно увеличаващия се брой на пътници, превозвани от сравнително малко самолети. Това се превръща в сериозен проблем и Juan Trippe смята, че проблемът може да се превъзмогне с направата на нов голям самолет. През 1965 г. Joe Sutter е преместен от отдела за развитие на „Boeing 737“, за да поеме управлението на новосформирания екип за създаване на нов голям самолет, вече именуван като 747. По това време той е бил убеден, че в крайна сметка 747 ще бъде изместен от свръхзвуковия транспорт. Boeing предлагат проектирането на 747 да е такова, че лесно да може да се трансформира в товарен и да се запази производствения процес, дори ако търсенето на пътническия вариант намалее. Товарният вариант трябва да се пригоди към широко навлязлата методика за превоз и доставки на контейнери. Стандартните контейнери

са с височина и ширина 2.4 m и дължина 6.1 или 12 m. Това означава, че ако се използва фюзелаж, подобен на този от проекта CX-HLS, ще е възможно събирането на 2 контейнера на ширина, 2 на височина, разположени в 2 или 3 редици на дължина.



Фиг. 3 Моделът на самолета

В крайна сметка високоплощникът, предложен от Boeing за проекта CX-HLS, не се използва при създаването на новия самолет, но оказва сериозно влияние в по-нататъшното проектиране (Lockheed C-5 Galaxy, 2007). Първоначалният дизайн е включвал два етажа по цялата дължина на фюзелажа, с осем седалки на ред, разделени от две пътеки на долната палуба, и седем седалки на ред, разделени с две пътеки на горната палуба (Irving, 1994). Но загрижеността за евакуационните пътища и намаления обем на товари водят до отхвърлянето му в началото на 1966 г., в полза на по-широкофюзелажен еднопалубен вариант. Впоследствие кокпитът е разположен в скъсена горна палуба. По този начин носът на самолета се превръща в голяма товарна врата при карго версията. От това решение се появява и отличителната „издатина“, с която 747 е известен. В първите модели не е окончателно решено за какво може да служи малкото свободно пространство на горната палуба зад кокпита. В някои модели се използва за луксозна бизнес класа със сепарета (Jenkins, 2000).

Една от основните технологии, които са направили възможно създаването на голям самолет като 747, е създаването на турбовентилаторен двигател с висока степен на двуконтурност (Mecham M., 2006). За двигателите, създадени чрез тази нова технология, се е смятало, че могат да осигурят два пъти по-голяма мощност от широко използваните по това време турбореактивни двигатели, като същевременно използват и 30% по-малко гориво. Pratt & Whitney също правят разработки за двигател, работещ на същият принцип, и в края на 1966, заедно с Boeing и Pan Am, сключват договор за производството на двигател за новият 747, двигател модел JT9D (Colson M. S., 2007).

Проектът 747 е създаден по нова методология, наречена „анализ на дървото от грешки“. Този нов метод позволява на инженерите да проследят как повредата на един елемент от системата влияе върху работата на останалата част; подобрявайки поотделно всяка една част,

намаляват вероятността от грешки на цялата система. За да отвърнат на притесненията относно безопасността и летателната годност на 747, производителите въвеждат редица дублиращи елементи в конструкцията – дублираща хидравлична система, четворен основен колесник и двойни управляващи повърхности (Sutter, 2006).



Фиг. 4. Екипът, представил модела

Освен това са използвани най-новите и мощни хидравлични крикове, използвани в индустрията по онова време, за да позволят новият самолет да се използва успешно на всички летища. Това включва разполагането на предкрилки по дължината на почти целия атакуващ ръб на крилото и разполагането на големи три частни задкрилки по дължината на изходящия ръб на крилото. Спуснатите задкрилки увеличават площта на крилото с 21% и осигуряват до 90% по-голяма подемна сила от крило, на което няма задействана механизация.



Фиг. 5. Първото представяне на радиоуправляемия модел на самолета

Модел на самолета Boeing 747 cargo

За направата на радиоуправляемият модел на Боинг 747 са използвани най-различни материали: дърво, пластмаса, фолио, депрон, лепила и др. За неговото функционално реализиране са използвани следните радиоелектронни компоненти: електромотори, драйвери, комплект навигация 4.8 GHz, сервоконтролери, батерии, контролери за батерии, 8 канално радиоправляващо устройство и др.

Моделът на самолета е направен в мащаб 1:35. За задвижването му се използват 4 електродвигателя Hobbywing XROTOR Pro 40A 3D OPTO. Всеки от тях има тяга 1.2 kg на тах обороти. Това означава, че максималното тегло на модела не трябва да надвишава 4.8 кг.

Корпусът на самолета е направен от дървен скелет, който е обвит с депрон. За да се гарантират отлични летателни свойства той е облепен с фолио, което е в два цвята – червено

и бяло. Сервомоторите за задвижване на елероните, задкрилките и опашният вертикален елемент са скрити в корпуса на самолета. За по-лесното транспортиране на самолета е предвидено да може да се раздели на две части – крилата и фюзелажа, като и двете са с дължина около 2 м.

Най-тежките компоненти са батериите. Трябва да се подберат така, че да се осигури полет от около 30 минути, като не се превишава допустимата маса на модела от 4,8 кг. За тази цел са използвани различни по капацитет батерии: ZIPPY Flightmax 8000 mAh – 2 броя и ZIPPY Compact 6200mAh – 2 броя.



Фиг. 6. Награждаването на екипа на фестивала „От винта! България 2018“

ИЗВОДИ

Изграждането на радиоуправляемия модел на самолета Боинг 747 карго е труден и продължителен процес. Материалите трябва да се подбират внимателно, за да не се превиши допустимата маса на самолета.

REFERENCES

- https://bg.wikipedia.org/wiki/Boeing_747. (2019).
 Great Planes-Boeing 747. (2007). Discovery Channel.
 Branson, R. (1998). Pilot of the Jet Age. *Time*.
 A380 superjumbo lands in Sydney. (2007). *BBC. The superjumbo's advent ends a reign of nearly four decades by the Boeing 747 as the world's biggest airliner*.
 Lockheed C-5 Galaxy, Partners in Freedom. (2007). *NASA*.
 Irving (1994). p. 282.
 Jenkins (2000). p. 17.
 Mecham, M. (2006). In review: 747, Creating the World's First Jumbo Jet and Other Adventures from a Life in Aviation. *Aviation Week and Space Technology*, Vol. 165, No. 9. p. 53.
 Colson, M. S. (2007). Mechanical Engineering 100 Years of Flight. *memagazine.org*.
 Sutter (2006). pp. 121, 128 – 131.

Тази публикация е разработена във връзка и с подкрепата на проект ФМТ-03-2018 от Фонд научни изследвания на Русенския университет „А. Кънчев“.

DEVELOPMENT AND DESING OF DOG WHEELCHAIR²

Eng. Diana Truhcheva – Student

Department of Machine Tools & Manufacturing,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Phone: +359 897 970293
E-mail: didi_ntm@abv.bg

Assist. Prof. Eng. Nikolay Stankov, PhD

Department of Machine Tools & Manufacturing,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Phone: +359 82 888 714
E-mail: nstankov@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Eng. Aleksandar Ivanov, PhD

Department of Machine Tools & Manufacturing,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Phone: +359 82 888 714
E-mail: akivanov@uni-ruse.bg

Abstract: The paper reviews the developing and the design of a classical wheelchair for dogs. There are determined the measures that will be used in constructing the wheelchair. Dogs are classified by breed and size. A statistic research is implemented, specific measures of the dogs from the studied groups are measured. The main parameters of the wheelchairs are determined on the base of the research. There are developed three versions of the classical wheelchair for the considered dog groups. Its composing parts, specific features and advantages are presented. The 3D-models are designed with the CAD system SolidWorks. Each of the models is parametrically modelled. A full constructive documentation is created for each of the constructions and the process is automated by using SolidWorks templates files.

Keywords: Wheelchair, Dogs, Development, Design, 3D models, CAD system, Parametric modeling, SolidWorks Templates files, Constructive documentation

ВЪВЕДЕНИЕ

Инвалидни колички за животни – това е наистина необходимо!

Инвалидните колички правят живота на кучето с увреждания и този на собственика му много по-лесен. Те позволяват болното животно да води пълноценен живот, дори и в случай на парализа, загуба на крайници, които се дължат на заболявания на ставите или костите, наранявания, стареене, инфекциозни заболявания и други.

Дори след подобна диагноза едно куче може да води пълноценен начин на живот. Това става с помощта на инвалидна количка за куче. Инвалидната количка е правилното решение не само, когато животното няма шанс за пълно възстановяване, но и в периода на рехабилитация, такава количка помага за по-бързото му оздравяване. Тази на пръв поглед обикновена конструкция може да е неговият втори шанс за живот.

Всъщност употребата на определението „обикновена“ за конструкцията на подобен вид количка не е случайна. В интернет пространството могат да се намерят много идеи за изработката на инвалидни колички, както от специализирани фирми [12, 13], така и от любители в домашни условия, изработващи колички от подръчни материали (фиг.1).

² Докладът е представен на студентската научна сесия на 09.05.2018 г. в секция „Механика и машиностроителни технологии“ с оригинално заглавие на български език: РАЗРАБОТВАНЕ И КОНСТРУИРАНЕ НА ИНВАЛИДНА КОЛИЧКА ЗА КУЧЕТА.



Фиг. 1. Количка, изработена от подръчни материали

Може да се попадне дори на обяви на хора, които вече предлагат този „домашен“ продукт срещу скромна сума. Всичко това е достъпно и остава само да се напасне с физиката на пострадалото куче. Това се оказва нелесна задача, тъй като травмата или физическото състояние на животното не винаги позволяват използването на количката. Самият процес на привикване на кучето към инвалидната количка може да е труден за кучето и за неговите собственици. Понякога неправилната стойка на животното или нестабилната конструкция на количката могат да се окажат демотивиращи за стопаните и болезнени за кучето.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Първообраз на идеята за инвалидна количка за куче

Или иначе казано – вдъхновението за изработване на инвалидна количка!

Проектирането на подобна количка изисква не само основни конструктивни познания. Изискват се познания за анатомията на кучето и познаване на състоянието, и физическите му възможности. На помощ тук идват ветеринарните лекари, които ни консултират за състоянието на домашния любимец, както и за възможностите, които има за частично оздравяване [15, 16]. От голямо значение се оказва и срока, в който животното се поставя на подобно съоръжение. Ако се изчака много дълго време неговата мускулатура отслабва от залежаване.



Фиг. 2. Прототип на инвалидна количка



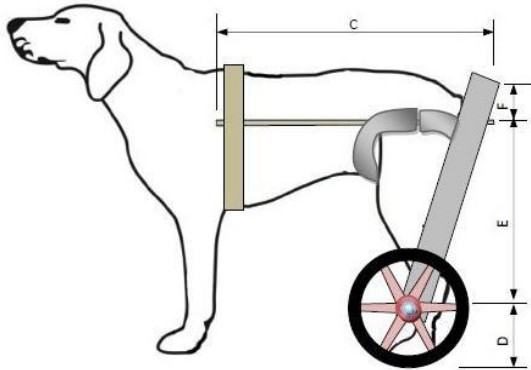
Фиг. 3. Кучето Румпи – първи стъпки с новата количка

На фиг. 2 и фиг. 3 е показан прототип на инвалидна количка и вдъхновението за изработването ѝ. След тежка травма от катастрофа кучето Румпи получава прекъсване на гръбначния стълб и частична парализа. За изработката на прототипа са използвани метален корпус от обикновена пазарска количка, а останалите части са от PVC тръби.

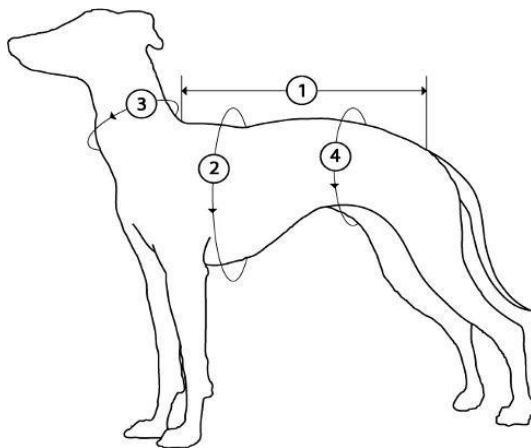
Важно е да се уточни, че количките биват различни според степента на парализа и мобилността на животното. Ако трябва да се изолират най-често проявените парализи, това са тези на задните крайници. В този случай най-често срещаните, а и разпространявани колички, още наричани класически, това са тези които се свързват към предната част на тялото. Монтират се чрез специален нагръдник опасващ врата и тялото на кучето, и имат две задвижващи колела в задната си част. Конструкцията трябва да е лека, но и достатъчно стабилна, за да се чувства кучето сигурно докато се движи.

Размери на количката и нагръдника

Преди да се пристъпи към разработването на инвалидната количката, много е важно да се уточнят необходимите размери. Вземат се с приблизителна точност размерите, показани на фиг. 4 и фиг. 5.



Фиг. 4. Основни размери, нужни за конструиране на количката



Фиг. 5. Основни размери за количката, нагръдника и препаските

Размер С – Дължина на торса, измерена от нивото на обиколката на гърдния кош до основата на опашката. На нивото на гърдния кош, където ще е закрепен нагръдника, ще бъдат захванати и страничните рамена на количката.

Размер Е+D – Височина, измерена от опашката до основата на лапите. Макар и регулируема, височината е важен габаритен размер.

За изработката на нагръдника също са необходими няколко размера. Най-важният е обиколката на гърдния кош, защото макар и с регулируеми презрамки, нагръдниците също се изработват и предлагат според големината на животното.

Размер 2 – Обиколка на гърдния кош на кучето. Допълнително се измерва и ширината на гърдния кош (**Размер В** – ширина на количката).

За изработването на препаски за парализираните крайници и окачалки за висящите крайници, са необходими също някои размери. Размерите, които се вземат за окачалките са индивидуални при всяко животно, но за препаските има два основни размера:

Размер 4 – Обиколка на пояса/таза на кучето;

Размер 1 – Дължина на торса.

Класификация на кучетата по порода и размери

Според ръста и теглото си, кучетата се разделят на общо **6 базови групи**. Разбира се, в тази класификация намират място от най-дребните представители до гигантите. Тези много дребни или гигантски екземпляри изискват особен подход при изчисляването и изработката



Фиг. 6. Пример за колички за трите основни групи, според размера на кучето

на всеки един компонент на количката. За тези две групи, инвалидните колички се проектират индивидуално.

Затова са разгледани трите основни групи, според размера на кучетата (фиг. 6):

- Малки кучета – ръст 30 - 40 см и тегло 5 - 10 кг;
- Средни кучета – ръст 40 - 56 см и тегло 10 - 20 кг;
- Големи кучета – ръст 56 - 75 см и тегло 20 - 50 кг.

Статистическа обработка и анализ на резултатите

Следващата стъпка след разделянето на кучетата на групи, е да се направи изследване, на основата на което, ще се определят границите, в които ще се регулира инвалидната количка. За целта са направени измервания на случаен принцип на кучета, представители на по-горе обособените групи.

Измерени са по 11 представители на трите групи кучета. Основните размери, които са измервани са: **В** – ширина на таза/гръдния кош, **С** – дължина на торса и **Е+D** – височина. Конструкцията на количката ще осигурява настройване, съгласно тези параметри. Резултатите от изследването ще потвърдят нуждата от регулиране.

С помощта на статистически методи и изчисления, по определена методика се пресмятат резултатите от направените измервания на различните представители кучета. Данните са обработени с програма STATGRAPHICS [17]. Определят се [6, 7, 8]:

- Точкови оценки на числени характеристики;
- Проверка за корелация на извадките;
- Сравняване на ред от средни стойности;
- Практически граници на разсейване.

От направената проверка за равенството на средните стойности на ширината, дължината и височината на кучетата, могат да се направят няколко извода:

- Средните стойности на ширината на кучетата в трите групи съществено се различават;
- Средните стойности на дължината на кучетата в трите групи съществено се различават;
- Средните стойности на височината на кучетата в трите групи съществено се различават.

Определени са практическите граници на разсейване, като доверителната вероятност γ , с която се определят практическите граници е 0.95; вероятността p , с която се определя % на попадащите в границите стойности е $p = 0.95$ и степените на свобода $k = n - 1$.

Определени са точковите оценки на основни характеристики и интервални оценки на средните стойности и средните квадратични отклонения.

Определена е корелацията на трите размера за трите групи кучета.

От направеното изследване, резултатите мога да се обобщят по следния начин.

Изводи: От извършената обработка се вижда, че средните стойности на средните стойности за трите размера за трите групи са различни. Практическите граници на разсейване също са различни.

Препоръки: Различията налагат при разработването конструкцията на количката да се предвиди възможност за регулиране на размерите – дължина, ширина и височина. Това ще доведе до по-голям комфорт на инвалидизираното куче.

При разработване на конструкцията с регулируеми размери ще бъдат конструирани три различни варианта колички, за трите групи кучета. Всяка от трите колички, ще бъде подходяща за различни представители от съответната група.

Съобразно резултатите от статистическото изследване са определени стъпката и размерите, в които ще се регулират количките. Количките ще могат да се регулират на дължина, височина и на ширина.

Компоненти на инвалидна количка за куче

Класическата инвалидна количка се състои от следните компоненти:

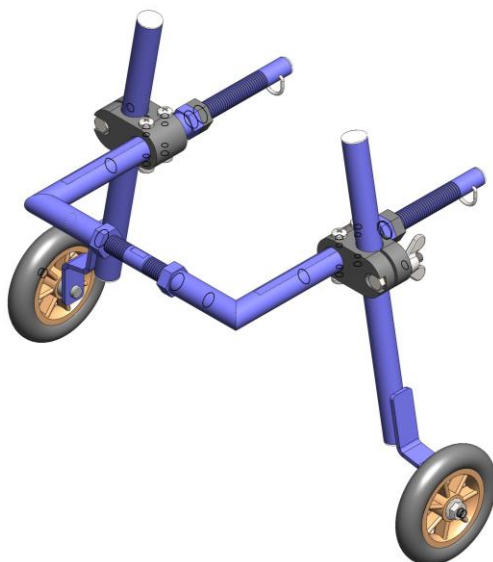
- 1) Рамка – Това е основната част или корпуса на количката. От рамката зависят комфорта и безопасността на домашния любимец. Най-често рамката е направена от леки алуминиеви профили.
- 2) Крепежни елементи – Необходими са за свързване на компонентите от рамката. Всички крепежни елементи трябва да са надеждни, за да се осигури максимална сигурност при ежедневната експлоатация на количката.
- 3) Колела – Те осигуряват мобилността на конструкцията. Размера им зависи от размера на количката и от големината на животното. Що се отнася до материала на колелата, малките колела обикновено са изработени от полиуретан. Има и по-големи с надуваеми гуми, с които се осигурява омекотяване на движението. Разстоянието, на което се намират те, се определя от големината и теглото на кучето. В допълнение, колелата обикновено са разположени под определен ъгъл и на достатъчно разстояние от крайниците на кучето, за да се осигури комфорт при движение, и сцепление с настилка.
- 4) Нагръдник – Служи за закрепване на количката към торса на животното. Осигурява надеждно закрепване и помага за синхронизиране на движенията. Важно е нагръдника да бъде изработен от дишащ и мек материал. Така се осигурява максимален комфорт за домашния любимец. Дишащата материя е необходима, за да се изпарява влагата, което е особено важно за активни животни.
- 5) Препаски за парализираните крайници – Осигуряват стабилност на неподвижната част от тялото. Осигуряват установяване на парализираните части в определена позиция. Те могат да бъдат приспособени според състоянието на кучето. Както и при нагръдника, материала за изработката им е точно определен. Тук в зависимост от уврежданията по тялото на кучето, се използват твърди колани, но омекотени на определени места.
- 6) Окачалки за висящите крайници – Фиксират парализираните крайници в определена позиция. Изработват се според размера на парализираните крайници. Това най-често са регулируеми колани. Съществуват и под формата на торба в която се прибират крайниците на кучето.

Разработване на конструкцията на количката

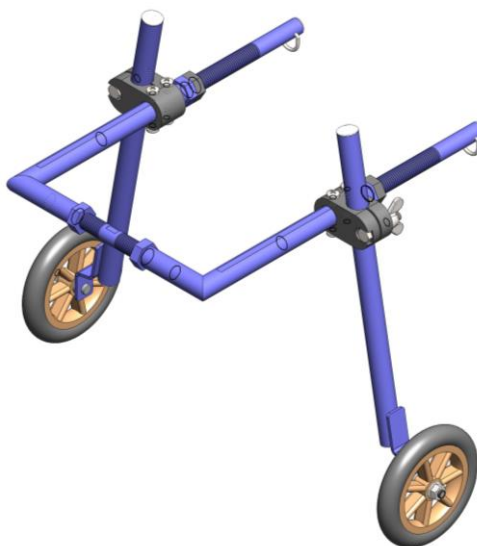
Разработени са три различни конструкции на инвалидни колички за кучета, предназначени за трите основни групи посочени по-горе.

Количките са конструирани така, че да могат да се регулират както на дължина, височина, така и на ширина при условие, че предварителното измерване от стопанина на животното не е било точно. Така по-лесно се напасва количката според индивидуалните размери и нужди на кучето. Именно възможността да се регулира, я прави практична и удобна за ползване.

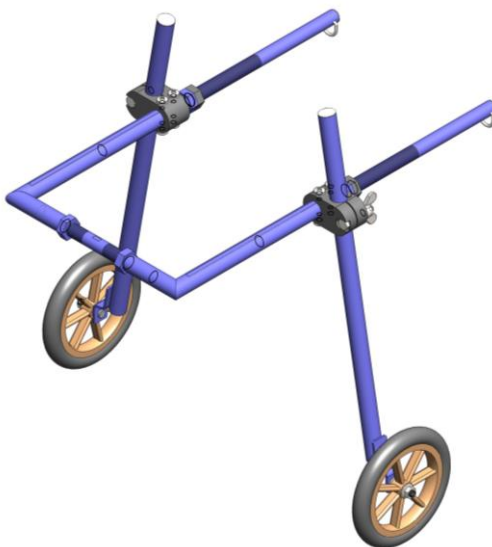
На следващите фигури са представени разработените инвалидни колички.



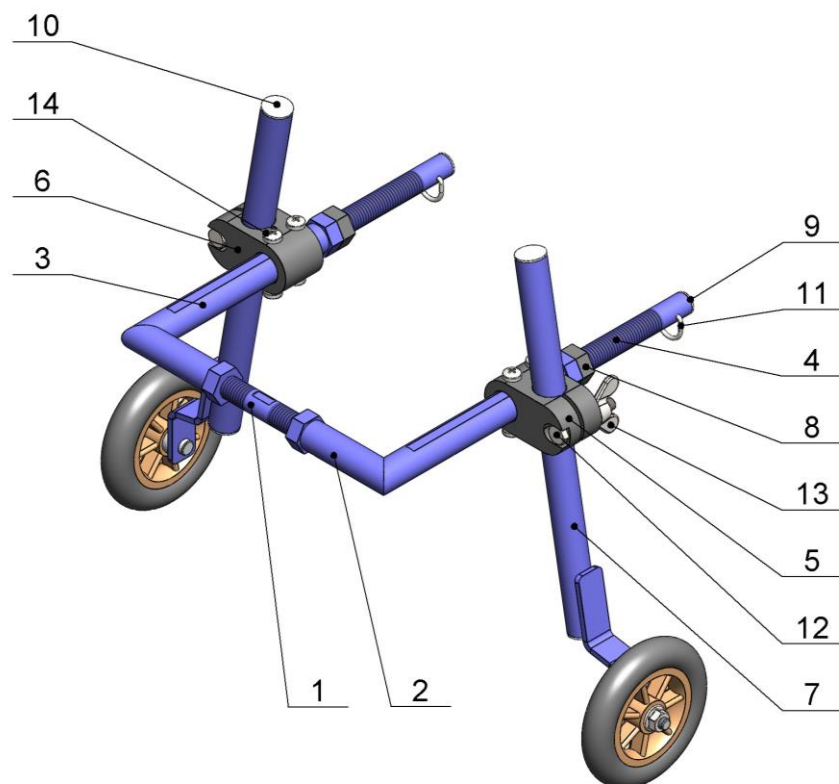
Фиг. 7. Инвалидна количка за малки кучета



Фиг. 8. Инвалидна количка за средни кучета



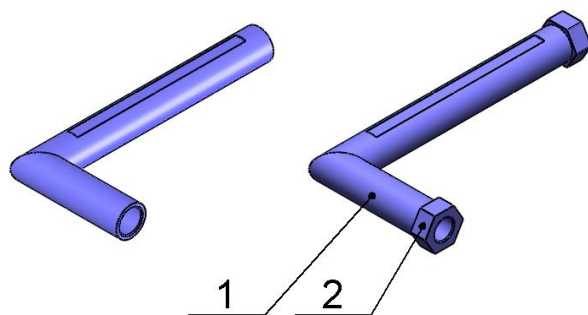
Фиг. 9. Инвалидна количка за големи кучета



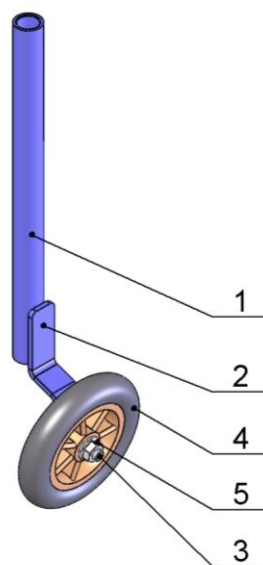
Фиг. 10. Съставни елементи на количката

На фиг. 10 е показана количката с всичките ѝ съставни елементи. С позиции са означени:

- 1 – Тръба регулираща I – за **регулиране на ширината** (размер В);
- 2 – Рамо дясно;
- 3 – Рамо ляво;
- 4 – Тръба регулираща II – за **регулиране на дължината** (размер С);
- 5 – Свързващ елемент десен;
- 6 – Свързващ елемент ляв;
- 7 – Крак – за **регулиране на височината** (размер Е+D);
- 8 – Гайка стопорна;
- 9 – Тапа I – за малката тръба;
- 10 – Тапа II – за голямата тръба;
- 11 – Халка;
- 12 – Болт;
- 13 – Крилчата гайка;
- 14 – Винт.



Фиг. 11. Рамо

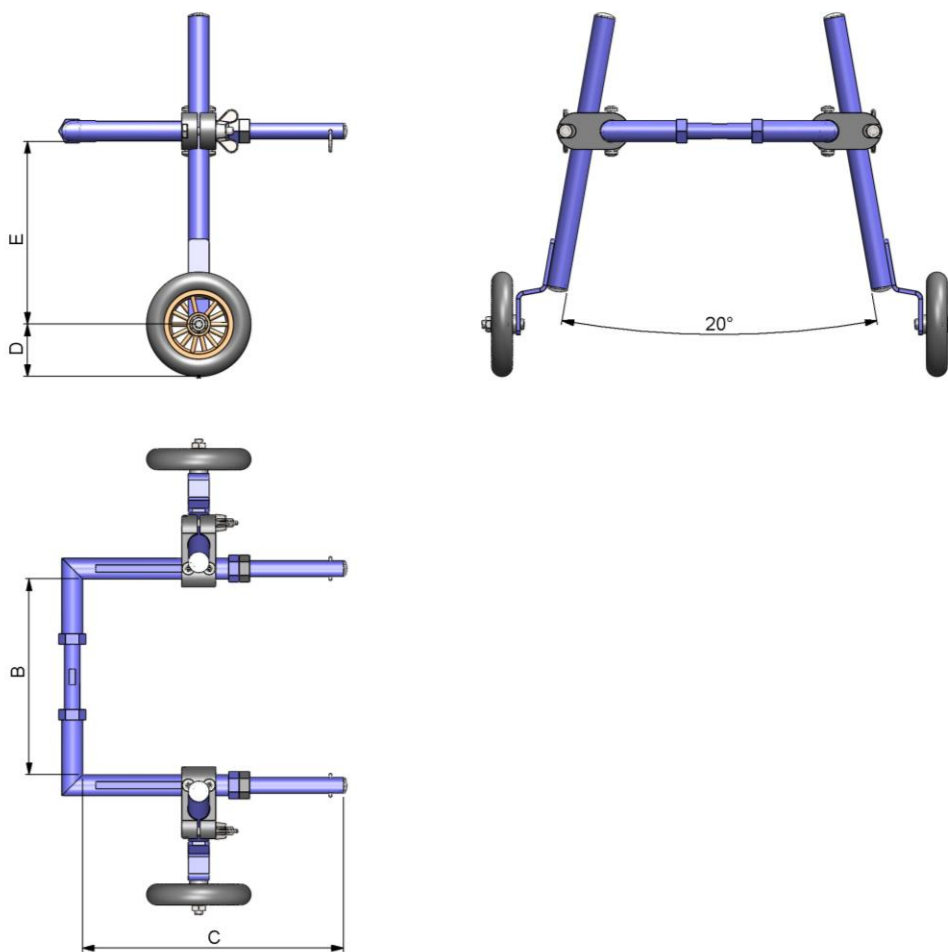


Фиг. 12. Крак

На фиг. 11 е показано рамото. То е дясно и ляво. Състои се от 1 - две заварени тръби и 2-гайки, заварени от двете страни на тръбите. Чрез рамената се регулира **ширината В** и **дължината С** на количката.

На фиг. 12 е показан крака. Състои се от 1 - тръба, 2 - планка за закрепване оста на колелото, 3 - ос на колелото; 4 - колело и 5 - гайка, фиксираща колелото върху оста. Чрез крака се регулира **височината Е+D** на количката.

На следващата фигура е показана количката и основните ѝ параметри. Тримерните модели са разработени с CAD системата SolidWorks [1, 2, 3, 4]. За разработените колички е направена пълна конструктивна документация [9, 10]. Процеса на създаване на конструктивна документация е автоматизиран чрез използването на шаблонни файлове за Part, Assembly и Drawing документите [5, 11].



Фиг. 10. Основни параметри на количката

Регулирането на рамката на ширина (размер В) се осигурява от тръба с по-малък диаметър, на която от двете страни е нарязана лява и дясна резба. На страничните рамена има заварени гайки, също с лява и дясна резба. По този начин при развиване на регулиращата тръба, ширината на конструкцията се увеличава, а при навиване намалява. Механизмът позволява висока точност на регулиране. За удобство на стопаните в средата на тръбата е оформена повърхнина за ключ, за развиването и завиването ѝ.

Регулирането на дължината на страничните рамена (размер С), на които е захванат и нагръдника, също се осъществява чрез тръби с по-малък диаметър, върху които е нарязана резба. На двете странични рамена са заварени гайки. Тук при развиване на регулиращата тръба, количката се удължава, а при завиване се скъсява. За да се избегне саморазвиването на регулиращата тръба е предвидена стопорна гайка. Този механизъм позволява висока точност на регулиране за съвпадане с точните мерки на животното. Това се случва благодарение на малката стъпка на резбата.

Регулиране на височината (размер E+D). За тази цел е избрана тръба, закрепена подвижно в затягащ механизъм (свързващ елемент – лъв и десен). Той е монтиран на страничните рамена. Затягащия механизъм е скрепителен елемент, който свързва тръбната конструкция в напречно и надлъжно направление. Закрепването на механизма с винтове към рамото, дава възможност за допълнително регулиране на положението му.

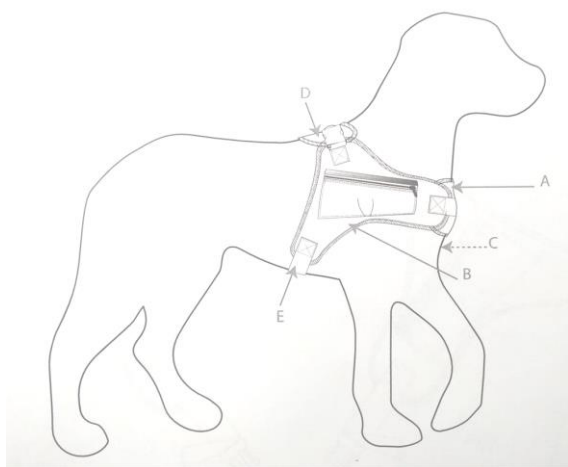
Тръбата за регулиране на височината се затяга и отпуска чрез болт и крилчатата гайка. Така при изместване на тръбата нагоре, височината се намалява, и обратно при издърпване надолу, височината се увеличава. Тръбата е разположена под ъгъл от 10° , за осигуряване на надеждно разположение на колелата и удобство при движение на кучето. На тръбата посредством планка и ос са закрепени колелата.

Ъгълът на огъване на планката компенсира ъгълът (10°) на разположение на надлъжната тръба. Така колелата са достатъчно раздалечени едно от друго за максимален комфорт при движение, но и перпендикулярно разположени спрямо повърхността, по която ще се търкалят. Това осигурява по-доброто сцепление с настилка.

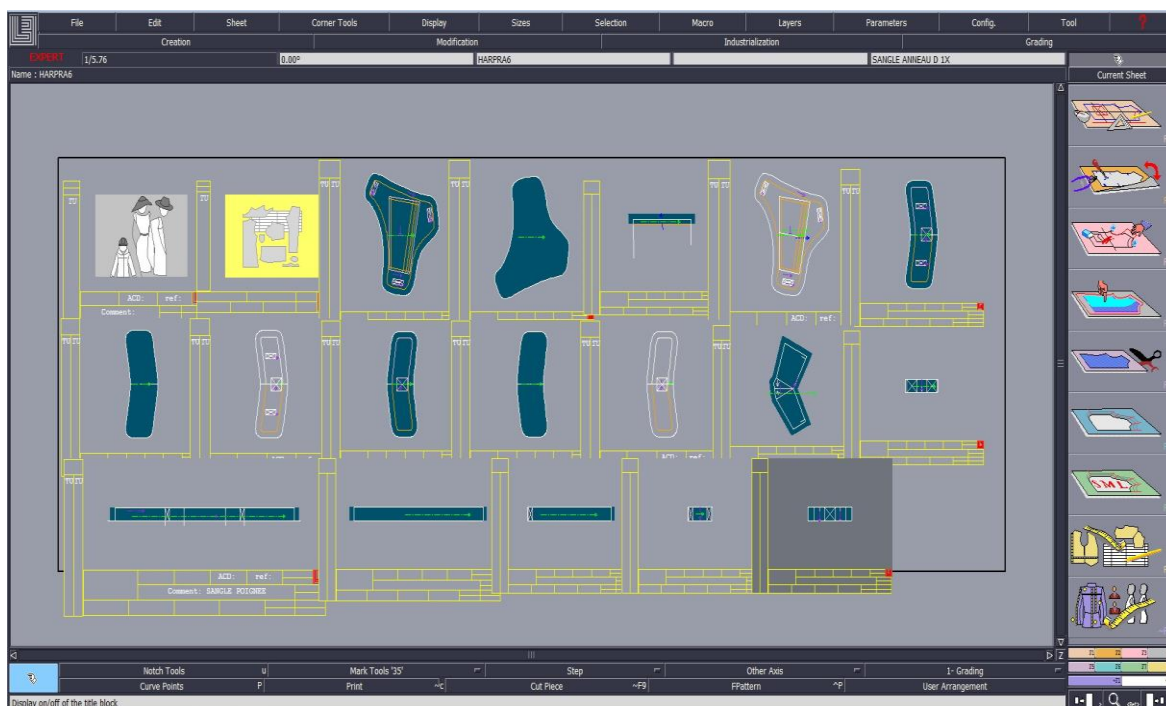
Разработване на нагръдника

Този аксесоар, е задължителна част от екипировката на кучето (фиг. 11). На него се закрепва рамката на количката посредством куки и джобове, в които се прекарват страничните тръби на рамката.

За изработката на нагръдник е необходимо да се създаде кройка и да се определи технологията на изработката. Кройката се създава на специализирана CAD система – LECTRA [14]. Кройката построена на LECTRA се изчертава на специален плотер (принтер). След като се получи кройката в реални размери, се пристъпва към кроенето на отделните елементи на нагръдника.



Фиг. 11. Скица на нагръдника



Фиг. 12. Съставни елементи на нагръдника, изчертани на специализирана CAD система Lectra

На горната си част нагръдника е оборудван с кука за закрепване на повода на кучето. Страничните джобове са декоративни, но служат и за закрепване към тръбите на рамката. На тях се монтират и куките за закачане на халките на страничните тръби. Лентите, които свързват четирите елемента на нагръдника служат за регулирането му. На следващите фигури е показан прототипа на нагръдника.



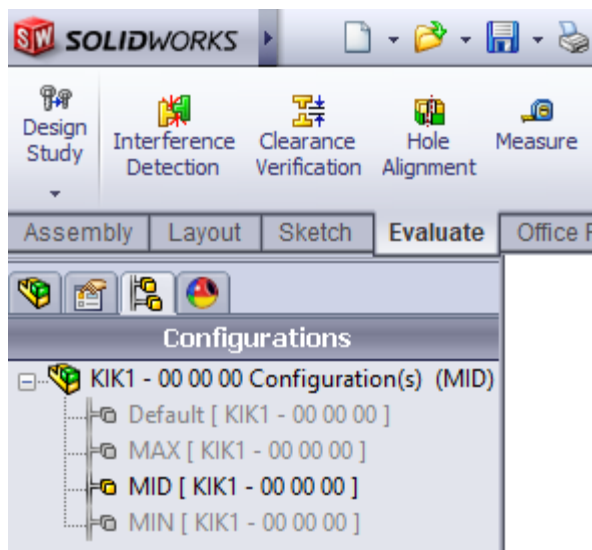
Фиг. 13. Снимки на нагръдника, който ще се използва за инвалидната количка

Параметрично моделиране на конструкцията на количката

Разработените три конструкции на инвалидни колички са параметрично моделирани, чрез конфигурации [1, 2, 3, 5, 11].

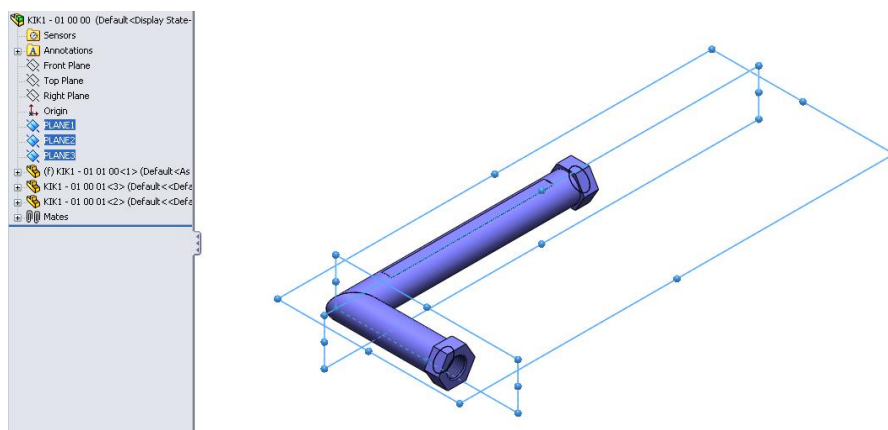
Основните размери на количката, показани на фиг. 10, се изменят параметрично чрез конфигурации. Създадени са три конфигурации - за минимален размер при регулиране **MIN**, за номинален (среден) размер при регулиране **MID** и за максимален размер **MAX** (фиг. 14).

При сглобяване на компонентите формиращи основните размери на конструкцията в SolidWorks, се използват геометрични ограничения (Mates), между основните равнини на сглобената единица и допълнително създадени равнини на отделните елементи.

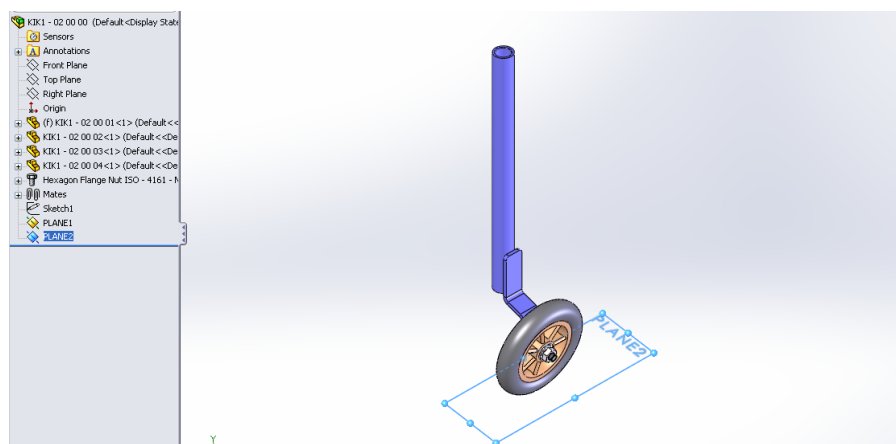


Фиг. 14. Конфигурации на размерите

На следващите фигури са показани елементите, на които са създадени допълнителни равнини.

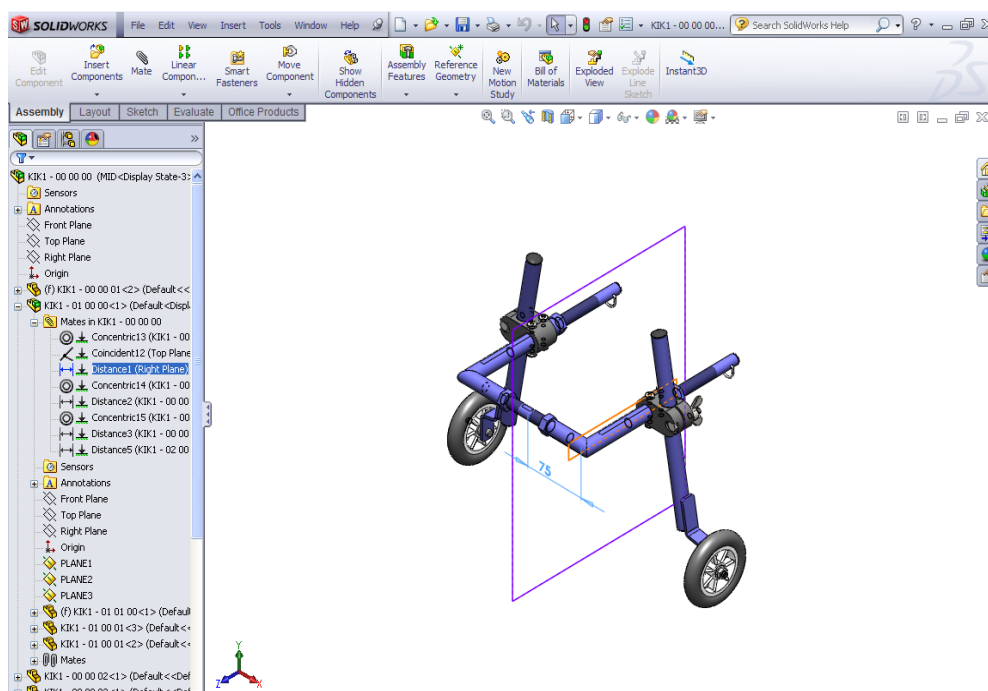


Фиг. 15. Допълнително създадени равнини на елемент рамо

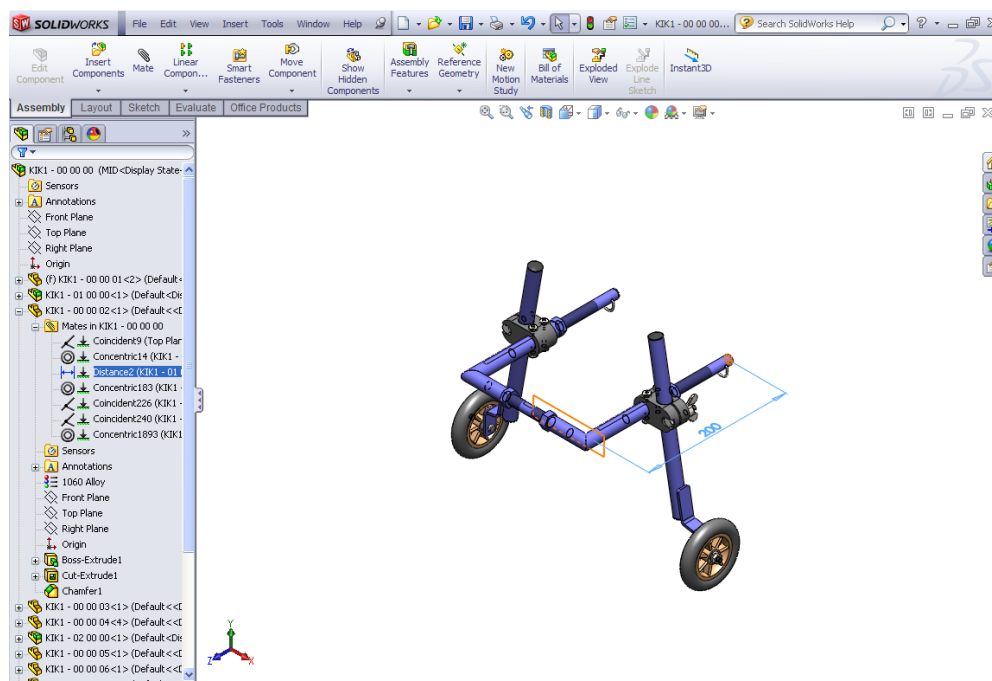


Фиг. 16. Допълнително създадена равнина на елемент крак

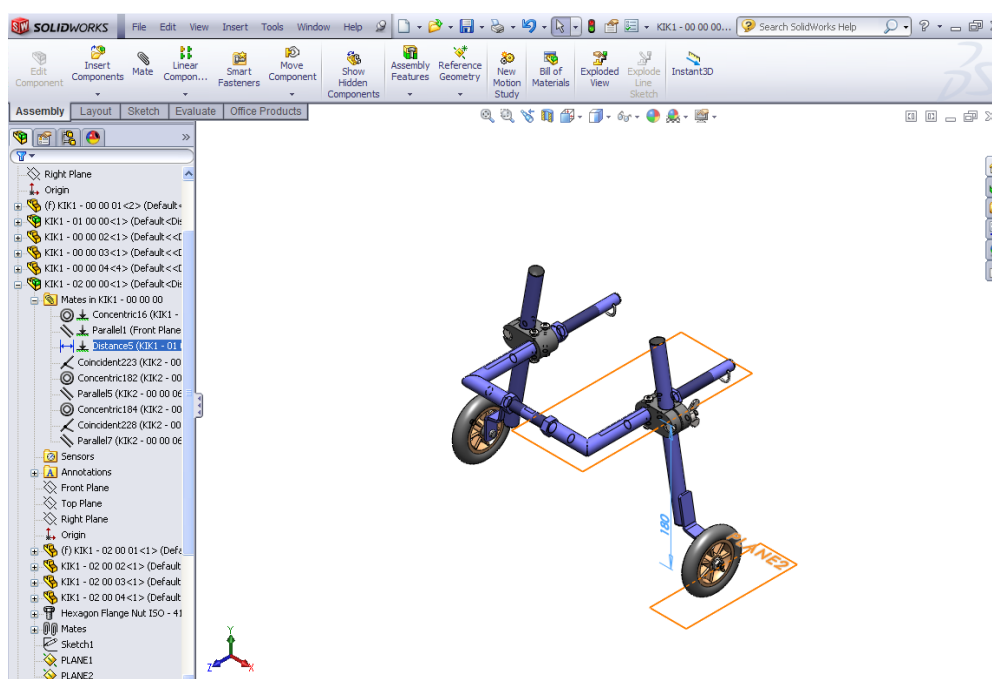
Задават се геометрични ограничения между допълнителните равнини на елементите и основните равнини на сглобената единица. Въвеждат се размерите за трите конфигурации.



Фиг. 17. Геометрични ограничения за размер В, ширина на количката



Фиг. 18. Геометрични ограничения за размер С, дължина на количката



Фиг. 19. Геометрични ограничения за размер E+D, височина на количката

Награди, спечелени с проекта

С разработения проект – „РАЗРАБОТВАНЕ И КОНСТРУИРАНЕ НА ИНВАЛИДНА КОЛИЧКА ЗА КУЧЕТА“, са спечелени следните награди:

- **ПЪРВО МЯСТО** в конкурса за най-добър студентски проект, разработен с CAD системи – “Проектирай с CAD... и с мен!”, на Машинно-технологичния факултет на РУ „Ангел Кънчев“, проведен на 08.05.2018г.;
- **ПЪРВО МЯСТО** за доклад, категория МАГИСТЪР, на Студентската научна сесия, на Машинно-технологичния факултет на РУ „Ангел Кънчев“, проведена на 09.05.2018г.



Фиг. 20. Награди, спечелени с разработения проект

ИЗВОДИ

1. Разработена е класификация на кучетата по порода и размери.
2. Проведено е статистическо изследване, според което са разработени различни варианти на конструкцията на количката.
3. Разработени са три варианта на класическа инвалидна количка за кучета.
4. Всяка една от конструкциите на количката е параметрично моделирана в средата на SolidWorks, чрез задаване на геометрични ограничения на основните параметри.
5. Създаден е модел и прототип на нагръдник чрез специализирана CAD система LECTRA.
6. За разработените инвалидни колички е направена пълна конструктивна документация.
7. Процеса на създаване на конструктивна документация е автоматизиран чрез използването на шаблонни файлове за Part, Assembly и Drawing документите.

REFERENCES

1. Angelov, P. (2015). CAD sistemi. Ruse, Pечатna baza na RU „A. Kanchev”.
(*Оригинално заглавие:* Ангелов П. CAD системи. Русе, Печатна база на РУ „А. Кънчев”, 2015.)
2. Angelov, P. (2015). CAD sistemi. Rakovodstvo za uprajnenia. Ruse, Pечатna baza na RU „A. Kanchev”.
(*Оригинално заглавие:* Ангелов П. CAD системи. Ръководство за упражнения. Русе, Печатна база на РУ „А. Кънчев”, 2015.)

3. Angelov, P., Stankov, N. <http://e-learning.uni-ruse.bg> – Web bazirani materiali za obuchenie po disciplinata „CAD sistemi“. Ruse.

(**Оригинално заглавие:** Ангелов П., Н. Станков. <http://e-learning.uni-ruse.bg> – Web базирани материали за обучение по дисциплината „CAD системи“. Русе.)

4. Ivanov, Al. <http://e-learning.uni-ruse.bg> – Web bazirani materiali za obuchenie po disciplinata „Barzo prototipirane v mashinostroeneto“. Ruse.

(**Оригинално заглавие:** Иванов Ал. <http://e-learning.uni-ruse.bg> – Web базирани материали за обучение по дисциплината „Бързо прототипиране в машиностроенето“. Русе.)

5. Stankov, N. <http://e-learning.uni-ruse.bg> – Web bazirani materiali za obuchenie po disciplinata „Upravlienie na jiznenia cikal na produktite“. Ruse.

(**Оригинално заглавие:** Станков Н. <http://e-learning.uni-ruse.bg> – Web базирани материали за обучение по дисциплината „Управление на жизнения цикъл на продуктите“. Русе.)

6. Mitkov, A. (2010). Teoria na eksperimenta. Ruse, Pечатna baza na RU „A. Kanchev“.

(**Оригинално заглавие:** Митков, А. Теория на експеримента. Русе, Печатна база на РУ „А. Кънчев“, 2010.)

7. Mitkov, A., Todorov, T. & Iosifov, I. BDS 11 316 – 90 (ISO 2584) Prilozna statistika. Parametrichni kriterii za proverka na hipotezi v statisticheskia kontrol na kachestvoto i надеждността.

(**Оригинално заглавие:** Митков, А., Т. Тодоров, Й. Йосифов. БДС 11 316 – 90 (ISO 2584) Приложна статистика. Параметрични критерии за проверка на хипотези в статистическия контрол на качеството и надеждността.)

8. Todorov, T. (1989). Dialogova programna sistema za obrabotka i analiz na eksperimentalni dannii ot izpitvania na SSM. Iubileina nauchna sesia na NIMESS, Sofia.

(**Оригинално заглавие:** Тодоров, Т. Диалогова програмна система за обработка и анализ на експериментални данни от изпитвания на ССМ. Юбилейна научна сесия на НИМЕСС, София, 1989.)

9. SolidWorks: Bazovo modelirane i cherteji. TehnoLogika EAD, Sofia, 2012.

(**Оригинално заглавие:** SolidWorks: Базово моделиране и чертежи. ТехноЛогика ЕАД, София, 2012.)

10. SolidWorks: Bazovo modelirane. Cherteji – kniga 1. TehnoLogika EOOD, Sofia, 2008.

(**Оригинално заглавие:** SolidWorks: Базово моделиране. Чертежи - книга 1. ТехноЛогика ЕООД, София, 2008.)

11. SolidWorks: Razshireni vazmojnosti – kniga 2. TehnoLogika EOOD, Sofia, 2008.

(**Оригинално заглавие:** SolidWorks: Разширени възможности - книга 2. ТехноЛогика ЕООД, София, 2008.)

12. www.handicappedpets.com.

13. www.k9carts.com

14. www.lectra.com.

15. www.orthovet-medical.com.

16. www.petvet.bg.

17. statgraphics.com, Statgraphics Centurion XV. User Manual. Statpoint Inc., Herndon Virginia USA.

COMPUTER MODELING OF A SYSTEM OF THREE BIOLOGICAL POPULATIONS³

Daniel Dimitrov – Student

Department of Computer Science,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Tel.: +359 89 665 6396
E-mail: danieldimitrovvv@abv.bg

Assoc. Prof. Velina Bozduganova, PhD

Department of Engineering Mechanics,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Tel.: +359 82 888-572
E-mail: velina@uni-ruse.bg

Abstract: A mathematical model for the cohabitation of three biological populations, including two types of prey and one predator, is proposed. Stationary points for the model and their stability are determined. Numerical experiments are performed using MATLAB to evaluate the influence of the predator's initial quantity on the behavior of the system.

Keywords: biological population dynamics, mathematical biology, Lotka-Volterra model, stationary points, stability analysis

ВЪВЕДЕНИЕ

Интересът към моделирането и моделите в биологията е породен от възможността за прогнозиране на размера на различни популации, опазване на изчезващи видове, борба с вредители, екологични проблеми, епидемии и трудно лечими болести (Barnes, B. & Fulford, G., 2015).

Популацията е група индивиди от един биологичен вид, които населяват трайно част от ареала на вида, имат сходни екологични изисквания, кръстосват се свободно помежду си и оставят плодовитото поколение (Vitliemov, V. & Bozduganova, V., 2015). В реалния свят една и съща област се обитава от различни популации, които си взаимодействат, например хищници и жертви.

Основата на математичната теория на биологични популации (математична екология) поставят американският математик Алфред Лотка (1925) и италианският математик Вито Волтера (1926). Те описват с най-прост модел от две линейни диференциални уравнения двувидова популация „хищник-жертва“ (Lotka A., 1925; Volterra, V., 1928).

В случая на повече популации се използват обобщени уравнения на Лотка-Волтера от вида $dN_i/dt = r_i N_i [1 - \sum_{j=1}^n a_{ij} N_j]$, $N_i(0) = N_{i0}$, $i, j = 1, 2, \dots, n$, където N_i са брой индивиди в i -та популация, r_i и a_{ij} – коефициенти на нарастване и на взаимодействие (Volterra, V., 1928).

МАТЕМАТИЧЕН МОДЕЛ

Ще разгледаме съжителство на три популации, съставени от два вида жертви и един вид хищник. В научната литература са изследвани различни модели на подобен вид популации (Elettrey, M., 2009; Swarnali Sharma & G. Samanta, 2013; Neelima, Daga et al., 2014; Sofia, Piltz et al., 2017; Renato, Colucci, 2013; Hunki, Baek, 2016; T., Kar & Ashim Batabyal, 2010).

³ Докладът е представен на студентската научна сесия на 9.05.2018 г. в секция „Механика и машиностроителни технологии“ с оригинално заглавие на български език: КОМПЮТЪРНО МОДЕЛИРАНЕ НА СИСТЕМА ОТ ТРИ БИОЛОГИЧНИ ПОПУЛАЦИИ.

Предлагаме математичен модел на екосистема с нормиран брой x и y на популациите на жертвите A и B (без взаимодействие помежду им) и един вид хищник C с нормиран брой на популацията z , зададен със системата диференциални уравнения

$$\begin{aligned} dx/dt &= a_1x - a_2xx - a_3xz, & x(0) &= x_0, \\ dy/dt &= b_1y - b_2yy - b_3yz, & y(0) &= y_0, \\ dz/dt &= -c_1z + c_2xz + c_3yz, & z(0) &= z_0, \end{aligned} \quad (1)$$

където

- a_1, b_1 – коефициенти на линейно нарастване на жертвите A и B ;
- a_2, b_2 – коефициенти на вътрешновидовата борба за съществуване на жертви A и B ;
- a_3, b_3 – коефициенти на намаляване на жертвите A и B от хищника C ;
- c_1 – коефициент на смъртност на хищника C при отсъствие на жертви;
- c_2, c_3 – коефициенти на увеличаване на хищника C при наличие на жертви A и B ;
- x_0, y_0, z_0 – начален брой съответно на жертви A, B и на хищник C .

Физическият смисъл на задачата изисква неизвестните функции x, y и z да са неотрицателни, т.е. точките с тези координати да са в първия октант на фазовото пространство.

Цел на изследването е да се направи качествено и количествено изследване на вариантите за съществуване на отделните популации.

РАВНОВЕСНИ СЪСТОЯНИЯ НА СИСТЕМАТА И ТЯХНАТА УСТОЙЧИВОСТ

Намирането на равновесните състояния (стационарните точки във фазовото пространство) е свързано с удовлетворяване на условията $dx/dt=0, dy/dt=0, dz/dt=0$ (Strogatz, S., 1994) за системата диференциални уравнения (1). Така получаваме система от три нелинейни алгебрични уравнения

$$\begin{aligned} x(a_1 - a_2x - a_3z) &= 0, \\ y(b_1 - b_2y - b_3z) &= 0, \\ z(-c_1 + c_2x + c_3y) &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Тя има следните седем решения, които представляват координатите на отделните стационарни точки:

1. $P_1(x=0, y=0, z=0)$;
2. $P_2(x=a_1/a_2, y=0, z=0)$;
3. $P_3(x=0, y=b_1/b_2, z=0)$;
4. $P_4(x=a_1/a_2, y=b_1/b_2, z=0)$;
5. $P_5(x=0, y=c_1/c_3, z=(b_1c_3 - b_2c_1)/b_3c_3)$;
6. $P_6(x=c_1/c_2, y=0, z=(a_1c_2 - a_2c_1)/a_3c_2)$;
7. $P_7(x=(a_1b_3c_3 - a_3b_1c_3 + a_3b_2c_1)/d, y=(a_3b_1c_2 - a_1b_3c_2 + a_2b_3c_1)/d, z=(a_1b_2c_2 + a_2b_1c_3 - a_2b_2c_1)/d,$
където $d = a_3b_2c_2 + a_2b_3c_3$.

Само последната стационарна точка P_7 е във вътрешността на първия октант, а останалите са по границата му.

За установяване на устойчивостта (Strogatz, S., 1994) на отделните стационарни точки линеаризираме системата (1) в околността на всяка от тези точки, като определяме частните производни по x, y и z на десните страни на (1). Така получаваме матрицата на Якоби (якобиана)

$$J = \begin{bmatrix} a_1 - 2a_2x - a_3z & 0 & -a_3x \\ 0 & b_1 - 2b_2y - b_3z & -b_3y \\ c_2z & c_3z & -c_1 + c_2x + c_3y \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Изчисляваме якобиана за всяка стационарна точка, като в него заместим нейните координати. Намираме собствените стойности на получените матрици. Ако знаците на реалните части на собствените стойности са отрицателни, стационарната точка е устойчива, а ако са положителни – неустойчива (Morgan, R., 2015).

ЧИСЛЕНИ ЕКСПЕРИМЕНТИ

Числените изследвания на задачата за съжителство на трите популации според модела (1) са извършени с програмната система MATLAB.

За коефициентите са избрани следните стойности: $a_1 = 0.6$, $a_2 = 0.3$, $a_3 = 0.2$, $b_1 = 1.4$, $b_2 = 0.2$, $b_3 = 0.5$, $c_1 = 0.18$, $c_2 = 0.4$, $c_3 = 0.4$.

Намерени са седемте стационарни точки с координати $P_1(0, 0, 0)$; $P_2(2, 0, 0)$; $P_3(0, 7, 0)$; $P_4(2, 7, 0)$; $P_5(0, 0.45, 2.62)$; $P_6(2, 0, 2.325)$; $P_7(0.2, 0.25, 2.7)$. Те имат физичен смисъл, тъй като координатите им са неотрицателни. Установено е, че устойчива е само последната точка, тъй като собствените стойности на якобиана (3) за тази точка са:

$\lambda_1 = -0.0576 + 0.0000i$; $\lambda_2 = -0.0262 - 0.4213i$; $\lambda_3 = -0.0262 + 0.4213i$.

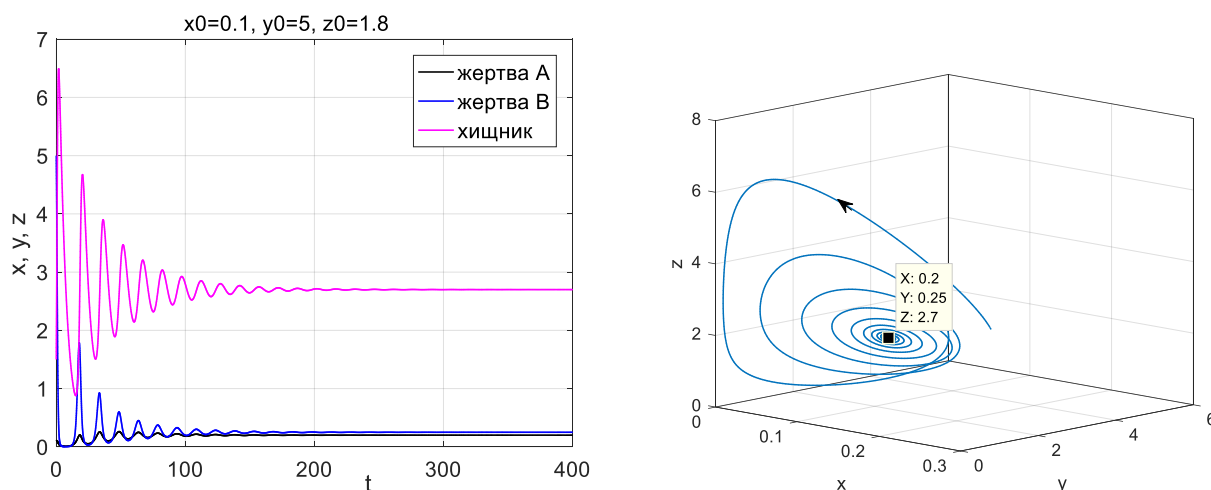
Съставена е програма за изследване на интервалите на изменение на началните стойности на относителния брой на хищниците z_0 при едни и същи начални стойности x_0 , y_0 на жертвите. Избрани са $x_0 = 0.1$, $y_0 = 5$. Установено е, че ако z_0 е в интервалите:

$0.033 \div 2.90$ трите вида се запазват;
 $2.91 \div 6.62$ жертва В изчезва;
 ≥ 6.63 изчезват и трите вида.

В компютърния модел изчезването на популация се наблюдава, когато относителната ѝ численост достига някаква критична стойност, която е избрана 0.001.

На следващите фигури са показани три случая за стойности на z_0 ($z_0 = 1.8$, $z_0 = 3.5$, $z_0 = 7$) във всеки от трите интервала.

На фиг. 1 е демонстриран вариантът $z_0 = 1.8$, в който оцеляват и трите вида. Резултатите показват, че в разглежданата система възникват затихващи трептения около равновесното състояние P_7 , което е устойчив фокус. Координатите на тази стационарна устойчива точка са записани на фазовата диаграма вдясно.



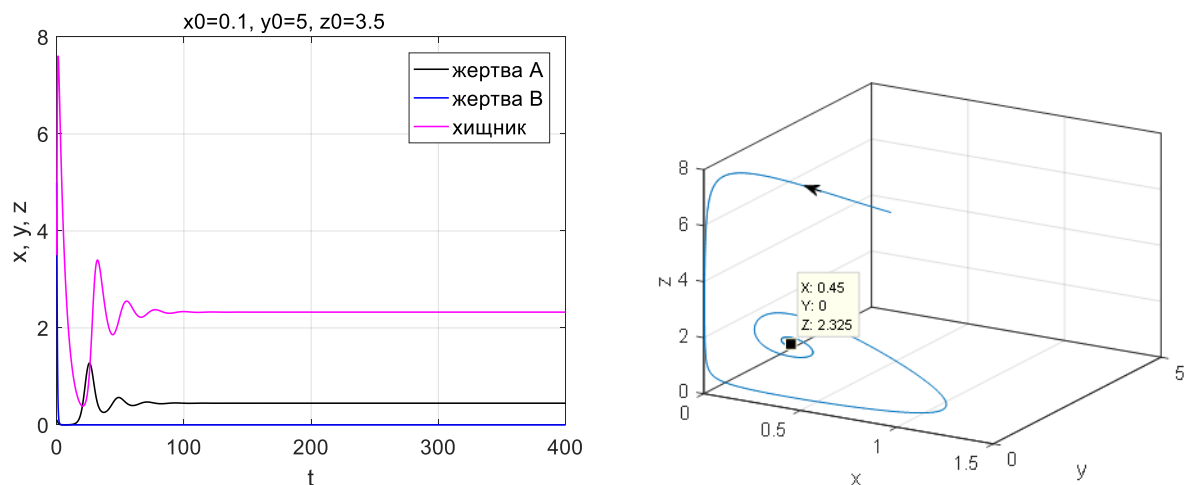
Фиг. 1. Оцеляване на жертвите и хищника

От фиг. 2 ($z_0 = 3.5$) се вижда, че единият вид жертва (В) изчезва, но другият (А) и хищникът продължават да съществуват. Изменението на двете популации с течение на времето представлява затихващи трептения около равновесното състояние, което е устойчив фокус.

В този случай стационарната точка не е нито една от изброените седем за общия случай, защото при изчезването на единия вид, от системата уравнения (1) отпадат

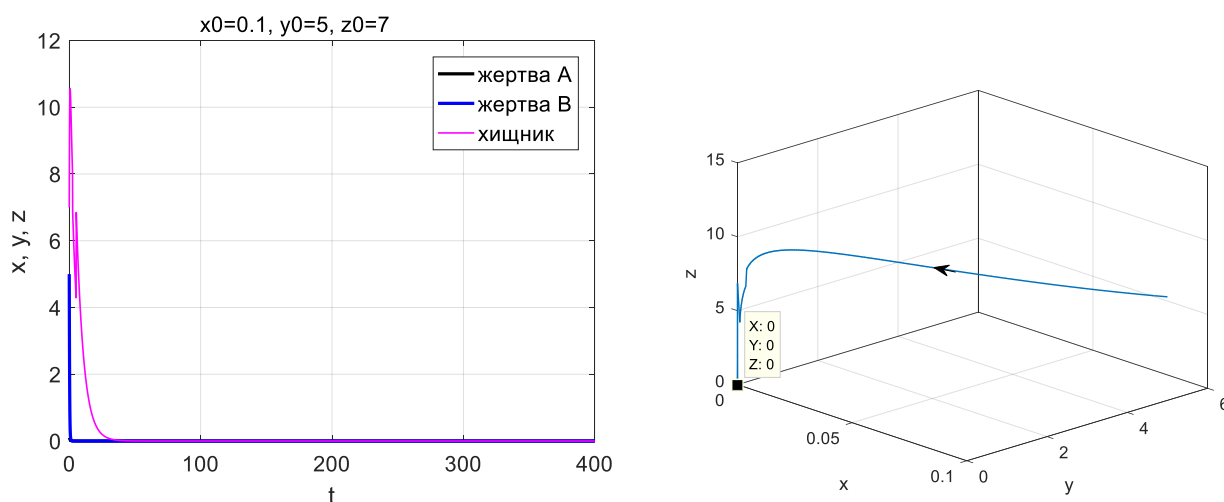
уравнението, описващо изчезналия вид и самата променлива. От условията за стационарност се получава

$$\begin{aligned} x(a_1 - a_2x - a_3z) &= 0, \\ z(-c_1 + c_2x) &= 0. \end{aligned} \quad (4)$$



Фиг. 2. Изчезване на жертва В

Стационарните точки са три, като устойчивата е с координати (0.45, 2.325) и собствени стойности на якобиана за тази точка: $\lambda_1 = -0.0675 + 0.2813i$; $\lambda_2 = -0.0675 - 0.2813i$.



Фиг. 3. „Екологична катастрофа“ (изчезване на двата вида жертви и на хищника)

На фиг. 3 ($z_0 = 7$) е представена „екологична катастрофа“, при която изчезват и трите популации. Тя настъпва, защото началното количество на хищника е много голямо, което води до бързо изчезване на жертвите, хищникът няма храна и също загива. В този случай изменението на трите популации с течение на времето не е трептливо.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За предложения модел, включващ два вида жертви с логистично ограничени популации и хищник с експоненциално намаляваща популация, са изследвани качествено и количествено различни варианти за съществуване и развитие. Определени са възможните стационарни състояния и тяхната устойчивост. Показано е, че устойчива е само вътрешната

стационарна точка за първия октант (областта на съществуване на решение) на фазовото пространство. Изследвано е влиянието на монотонното нарастване на началното количество на хищника при фиксирани начални количества на жертвите върху крайното състояние на екологичната система. Определени са интервалите на изменение на началното количество на хищника, в които: оцеляват и трите вида; изчезва втората жертва; изчезват и трите вида.

REFERENCES

Barnes B. & Fulford G. (2015). Mathematical modelling with case studies using Maple and MATLAB. Taylor & Francis Group, LLC.

Elettrey, M. F. (2009). Two-prey one-predator model. Chaos, Solitons & Fractals 2009, 39, 2018–2027.

Hunki Baek (2016). Dynamics on a two-prey and one-predator system with hybrid functional responses International Journal of Environmental Engineering– IJEE, Vol. 3. Iss. 3.

Lotka A. (1925). Elements of Physical Biology. Williams & Wilkis Co., Baltimore, 1925.

Morgan, Robert (2015). Linearization and Stability Analysis of Nonlinear Problems. Rose-Hulman Undergraduate Mathematics Journal: Vol. 16, Iss. 2, Article 5. Available at: <https://scholar.rose-hulman.edu/rhumj/vol16/iss2/5>

Neelima Daga, Bijendra Singh, Suman Jain, Gajendra Ujjainkar (2014). Analysis of a Prey-Predator System with Modified Transmission Function. American Journal of Engineering Research (AJER), Vol. 3, Iss. 9, pp-194-202.

Renato Colucci (2013). Coexistence in a one-predator, two-prey system with indirect effects. Hindawi Publishing Corporation, Journal of Applied Mathematics, Vol. 2013, Article ID 625391.

Sofia H. Piltz, Frits Veerman, Philip K. Maini & Mason A. Porter (2017). A Predator-2 Prey Fast-Slow Dynamical System for Rapid Predator Evolution. SIAM J. Applied Dynamical Systems, Vol. 16, No. 1, pp. 54-90.

Strogatz, S. H. (1994). Nonlinear Dynamics and Chaos: With applications to physics, biology, chemistry, and engineering. Reading, MA, Addison-Wesley, 1994.

Swarnali Sharma & G. P. Samanta (2013). Dynamical behaviour of a two prey and one predator system. Differ Equ Dyn Syst. Foundation for Scientific Research and Technological Innovation, 2013.

Vitliemov, V. & Bozduganova, V. (2015). Komputarno modelirane s MATLAB. Modelirane na biologichni populacii. Rusenski universitet, Ruse (**Оригинално заглавие:** Витлиемов, В. & Боздуганова В. Компютърно моделиране с MATLAB. Моделиране на биологични популации. Русенски университет, Русе, 2015).

Volterra, V. (1928). Matematicheskaia teoria borbi za suschestvovanie. IKI, Igevska, 2004 (**Оригинално заглавие:** Вольтерра, В. Математическая теория борьбы за существование. Успехи физических наук, Т. 8, № 1, 13-34, 1928).

T. K. Kar and Ashim Batabyal (2010). Persistence and stability of a two prey one predator system. International Journal of Engineering, Science and Technology, Vol. 2, No. 2, 2010, pp. 174-190.



OPPORTUNITIES FOR A THEORETICAL MODAL ANALYSIS OF TYPE CONSTRUCTION “CRANE BOOM”⁴

Master Eng. Nikolay Nikolov, PhD student

Department Mechanical and Manufacturing Engineering,
University of Ruse “Angel Kanchev”, Ruse, Bulgariya
Tel.:
E-mail: nknikolov@uni-ruse.bg

Rosica Stoyanova – Student

Department Mechanical and Manufacturing Engineering,
University of Ruse “Angel Kanchev”, Ruse, Bulgariya

Antoana Boseva – Student

Department Mechanical and Manufacturing Engineering,
University of Ruse “Angel Kanchev”, Ruse, Bulgariya

Abstract: *It is known that vibration can occur in mechanical processing by cutting unstable parts. They cause deterioration in the quality of the work surfaces and rapid wear of the cutting tool. Therefore, in such cases, it is important to take appropriate measures in time to avoid or reduce vibration. The publication considers the possibility of this being done by preliminary examination of the construction of the part by means of the finishing method. To do this, using a suitable software, you need to develop a part model and simulate the processing conditions to obtain its own frequencies and shapes. The results obtained could be used to select appropriate solutions to reduce the vibration during processing.*

Keywords: *Metal cutting, vibrations.*

ВЪВЕДЕНИЕ

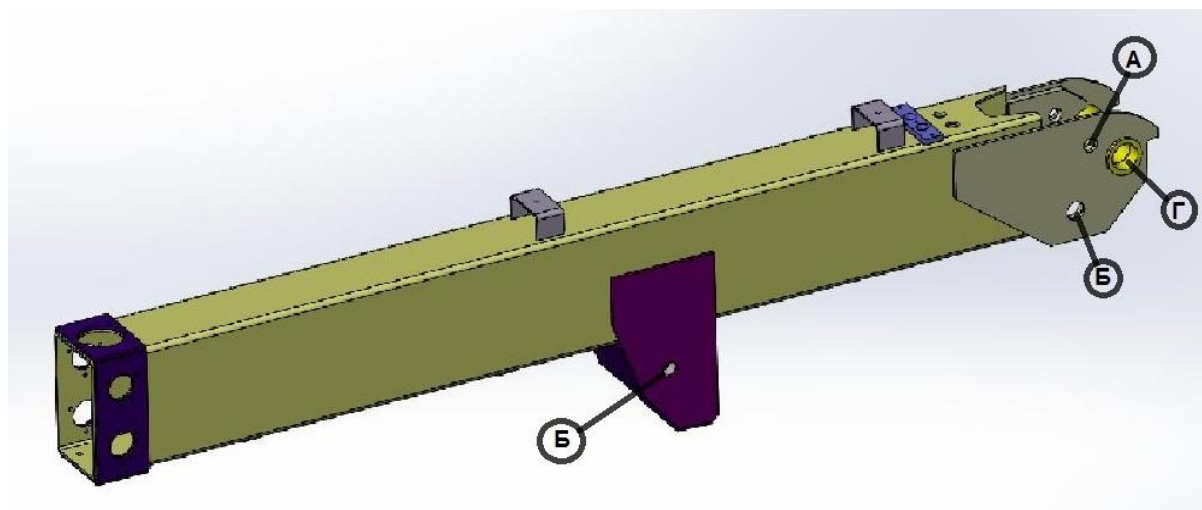
Основен съставен елемент в конструкцията на автоподемниците е т.нар. колона или стрела. Тя представлява тънкостенно кутиеобразно тяло с голяма дължина. За сглобяване към останалите елементи на автоподемника в конструкцията на колоната са предвидени присъединителни повърхнини. Сред тях има цилиндрични отвори, като някои от тях са с точност IT7. Механичното обработване на тези повърхнини по принцип е силно затруднено поради често възникващите вибрации, водещи до влошаване на качеството на обработваните повърхнини и интензивно износване на режещите ръбове на инструментите, сглобките в машината и влошаване на нейната точност (Dimitrov D и др. 2007-20017). Известно е, че това се дължи на ниската стабилност на цялата технологична система и в голяма степен на колоната, която е част от нея. В същото време предлаганите решения за намаляване на вибрациите от производителите на режещи инструменти и металоурежещи машини не дават достатъчно значим ефект за такива случаи. Следователно един от възможните пътища е да се търсят решения, свързани с основния елемент от технологичната система, а именно колоната. Първа стъпка в тази насока е настоящето изследване. То е насочено към изследване на възможностите за предварително определяне склонността на колоната да стане източник на вибрации чрез теоретичен анализ с помощта на метода на крайните елементи.

⁴ Докладът е представен на студентската научна сесия на 9.05.2018 г. в секция „Механика и машиностроителни технологии“ с оригинално заглавие на български език: ТЕОРЕТИЧЕН МОДАЛЕН АНАЛИЗ НА СВОБОДНА ПРЪТОВА КОНСТРУКЦИЯ ТИП „СТРЕЛА ОТ ПОВДИГАЧ“.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Някои характерни типопредставители на въпросните кранови стрели са показани в триизмерен вид на фиг.1. В конструкцията им могат да се отчетат следните характерни общи особености:

- На първо място те са тънкостенни кутиеобразни тела с голяма дължина и съответно ниска стабилност.
- На второ място за отбелязване са означените с А, Б, В и Г присъединителни повърхнини – цилиндрични твори.
- Към основното тяло на стрелата е възможно да са добавени плочи, планки и други елементи.

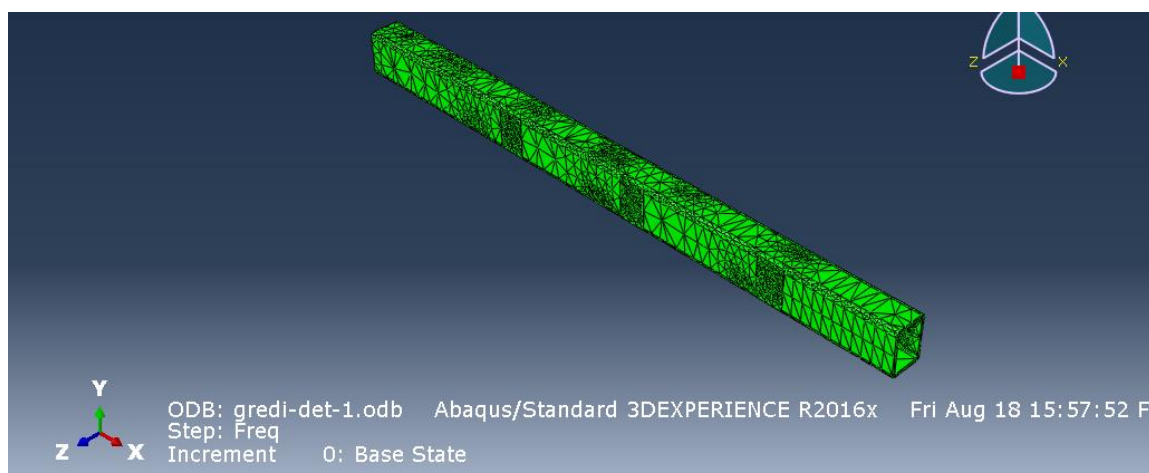


Фиг.1. Общ вид на стрела от повдигач

За да се установи наличието на евентуална връзка между конструктивните особености на стрелите и склонността им да изпаднат във вибрации е необходимо да се изследват модели на стрели както идеализирани, така и такива, които са по-близки до реалните конструкции. За улесняване и ускоряване решаването на задачата е препоръчително да се използва специализиран инженерен софтуер за динамичен анализ. (Боздуганова; Стоянов Такива приложения се предлагат в повечето актуални версии за обемно моделиране и проектиране. В случая за целта е използван програмният продукт ABAQUS, който е подходящ за симулация и изследване на динамичните характеристики на различни конструкции.

Основните стъпки при осъществяване на това изследване са следните:

1. Създаване на опростен модел на конструкцията на колоната на автоподемника (фиг.2). В случая това е една тънкостенна правоъгълна гредка с габарити 600x300x200mm. поръбовете. Смущаващата сила се прилага тангенциално в центъра на гредата.



Фиг.2 Опростен модел на конструкцията на стрела

2. Изследване с помощта на метода на крайните елементи на собствените честоти и собствените форми на модела. (Боздуганова 1993 -2008, Стоянов 2007-2017, Велчев 2003)
3. Разработване на схеми, отчитащи установяването на подобни конструкции при механичното им обработване чрез рязане и приложната точка на смущаващата сила. Изследване на собствените им честоти и форми.
4. Разработване на схеми, съответстващи в различна степен на реалните конструкции и условия на обработване. Изследване на собствените им честоти и форми.

ИЗВОДИ

С помощта на подходящ софтуер е възможно сравнително лесно да се проведе изследване и да се онагледят резултата на по-опростени модели на конструкции тип стрела както и на такива, които са по-близки до реалните относно техните собствени форми и честоти в зависимост от схемата на установяване и обработване.

REFERENCES

Bozduganova, V., M. Todorov. Numerical study of longitudinal impact of an elastic rod using the finite element method. C: Scientific Laboratories of the Higher School of Higher Education in Bulgaria, T.27, Higher Military General School in Veliko Tarnovo - Tarnovo, 1993, pp. 34-39 (**Оригинално заглавие:** Боздуганова, В., М.Тодоров. Числено изследване на надлъжен удар на еластичен прът с помощта на метода на крайните елементи. 1993) В: Научни трудове на ВБОУ, Т.27, Висше Военно Общовойсково училище - Търново., 1993, стр. 34-39

Bozdouganova V., M. Todorov. Eigenfrequencies determination by hybrid stress finite element method. IN: Scientific bulletins of Rzeszow university of technology, (Mechanica 80), Rzeszow university of technology, 2010, pp. 33-38

Bozdouganova V., Todorov M. Computation of plane structures eigenfrequencies by hybrid finite element method using trefftz functions. IN: Scientific bulletins of Rzeszow university of technology, (Mechanica 80), Politechniki Rzeszowskiej, 2010, pp. 25-32

Dimitrov D., I. Georgiev.(2015). *Razrabotvane na kontseptsiya na metalorezheshta mashina za obrabotvane na tankostenni edrogaбаритни detalii*, auchna konferentsiya - RU&SU'15 vBalgariya,Ruse,171-174 (**Оригинално заглавие:** Димитров Д., И. Георгиев. (2015)*Разработване на концепция на металоурежеща машина за обработване на тънкостенни едрогабаритни детайли*, Научна конференция - РУ&СУ'15, 2015, 171-174)

Dimitrov, D., (2007). *Трикоординатна измервателна глава*, Mezhdunarodna nauchna konferentsiya AMTECH-07, Gabrovo, 223-226 (**Оригинално заглавие:** Димитров, Д., (2007). *Трикоординатна измервателна глава*, Международна научна конференция AMTECH-07, Габрово, 223-226)

Dimitrov D., (2013). *Eksperimentalno izsledvane vliyanieto na toplinnite deformatsii varhu tochnostta na ustanovyavane na konusen instrumentalen darzhach ISO40 vav vretenoto*, Nauchna konferentsiya - RU&SU'13 v Balgariya, Mehanika i mashinostroitelni tehnologii, Ruse, str.57-60 (**Оригинално заглавие:** Димитров Д., (2013) *Експериментално изследване влиянието на топлинните деформации върху точността на установяване на конусен инструментален държач ISO40 във вретеното*, Научна конференция - РУ&СУ'13 в България, Механика и машиностроителни технологии, 57-60)

Dimitrov D. (2016) Analysis of coordinate measurements with 3D touch probe of machining centers, International Journal-Institute of Knowledge Management, N13.1, 321-326, ISSN 1857-92.

Dimitrov, D., Karachorova, V., Szecsi, T. (2014). *Accuracy and reliability control of machining operations on machining centres*. Key Engineering Materials, 2014, No 615, 32-38, ISSN 1013-9826

Dimitrov D., Karachorova V., Nenov G., (2017) *Research the possibilities of the method for determining the Tolerances in geometric precision of machining center*, International journal for science, technics and innovations for the industry, 2017, брой 3, 118-120, ISSN WEB 1314-507X.

Dimitrov D., Geotgiev I., Karachorova V., (2017) *Method for technology process control of alignment to machining center with two spindles*, International journal for science, technics and innovations for the industry, 2017, брой 4, стр. 174-177, ISSN WEB 1314-507X

Stoyanov Sv., St. Stoyanov. Experimental oscillating system. C: Scientific Works of the University Angel Kunchev, Rousse, 2011, ISBN 1311-3321 (**Оригинално заглавие:** Стоянов Св., Ст. Стоянов. 2011) Опитна уредба за изследване на трептения. В: Научни трудове на РУ Ангел Кънчев, Русе, 2011, ISBN 1311-3321

Stoyanov, S. Computer aided dynamics of machinery.// International virtual journal for science, technics and innovation for the industry "Machines, technologies, materials", 2011, No 4/2011, ISSN 1313-0226.

Stoyanov, S. Sensors mass influence on the natural frequency of a cantilever beam.// JOURNAL OF THE TECHNICAL UNIVERSITY - SOFIA, PLOVDIV BRANCH, BULGARIA, "Fundamental Sciences and Applications", 2017, No 23, pp. 147-150, ISSN 1310-8271.

Stoyanov, S. Analytical And Numerical Investigation On The Duffing Oscillator Subjected To A Polyharmonic Force Excitation.// Journal Of Theoretical And Applied Mechanics, 2015, No 45 (1), pp. 3-16 (Impact factor: 0.795 /2014, <http://www.degruyter.com/view/j/jtam>)

Stoyanov, S. Vibration isolation experimental setup. Part II: Theoretical investigation. IN: Научни трудове на Русенски университет, Русе, Русенски университет, 2014, pp. 33-37

Velchev, E. Application of the finite element method for calculating a non-bearing skeletal facade wall. In: AMTEH, Varna, 2003 (**Оригинално заглавие:** Велчев, Д., (2003) Велчев, Д. Приложение на метода на крайните елементи за изчисляване на неносеща скелетна фасадна стена. В: AMTEX, Варна, 2003

Stoyanov, S.G., B.C. Bozduganova, B.H. Petrov, D.S. Velchev, V.G. Vitlyemov, Y.T. Yordanov. Dynamics exercises manual with MATLAB. Rousse University, Ruse, 2008, p. 104, ISBN 978-954-712-416-5. (**Оригинално заглавие:** Стоянов, С.Г., В.С. Боздуганова, В.Н. Петров, Д.С. Велчев, В.Г. Витлиемов, Й.Т. Йорданов. 2008) Ръководство за упражнения по Динамика с MATLAB. Русенски университет, Русе, 2008, стр. 104, ISBN 978-954-712-416-5.

Stoyanov, S.G., B.C. Bozduganova, B.H. Petrov, D.S. Velchev, V.G. Vitlyemov, Y.T. Yordanov. Instruction manual for Kinematics with MATLAB. Rousse University, Ruse, 2008, p. 68, ISBN 978-954-712-411-0. (**Оригинално заглавие:** Стоянов, С.Г., В.С. Боздуганова, В.Н. Петров, Д.С. Велчев, В.Г. Витлиемов, Й.Т. Йорданов. 2008) Ръководство за упражнения по Кинематика с MATLAB. Русенски университет, Русе, 2008, стр. 68, ISBN 978-954-712-411-0.

Dynamich vibration technology <http://www.vibrationmountsindia.com/CNC-vibration-isolation.html>

VERTICAL MC HAAS <http://www.haascnc.com/DOCLIB/brochures/PDF/VMC.pdf?0629>

Тази публикация е разработена във връзка и с подкрепата на проект ФМТ-03-2018 от Фонд научни изследвания на Русенския университет „А. Кънчев“.

DEVELOPMENT OF AN EXPERIMENTAL TEST FACILITY FOR A 3D CONTACT MEASURING HEAD BY USING A TOUCH SIGNAL⁵

Master Eng. Valentin Mihov, PhD student

Department Mechanical and Manufacturing Engineering,
University of Ruse "Angel Kanchev", Ruse, Bulgariya
E-mail: vmihov@uni-ruse.bg

Stanislav Dermenji – Student

Department Mechanical and Manufacturing Engineering,
University of Ruse "Angel Kanchev"

Toni Georgieva – Student

Department Mechanical and Manufacturing Engineering,
University of Ruse "Angel Kanchev"

Birgyl Bekirova – Student

Department Mechanical and Manufacturing Engineering,
University of Ruse "Angel Kanchev"

Abstract: The publication presents an experimental part designed for the experimental research of 3D touch trigger probe (TTP). The experimental part provides for experiments to investigate the size of the TTP insensitivity zone. There is a possibility to work with two modes of the TTP being checked. The first one is with the existing built-in kinematic resistance system and the second is a touch signal. The test facility allows verification to take place in the XY plane as well as in the 3D space at different measuring speeds.

Keywords: Accuracy, 3D Touch probe, Efficiency, Zone of insensitivity

ВЪВЕДЕНИЕ

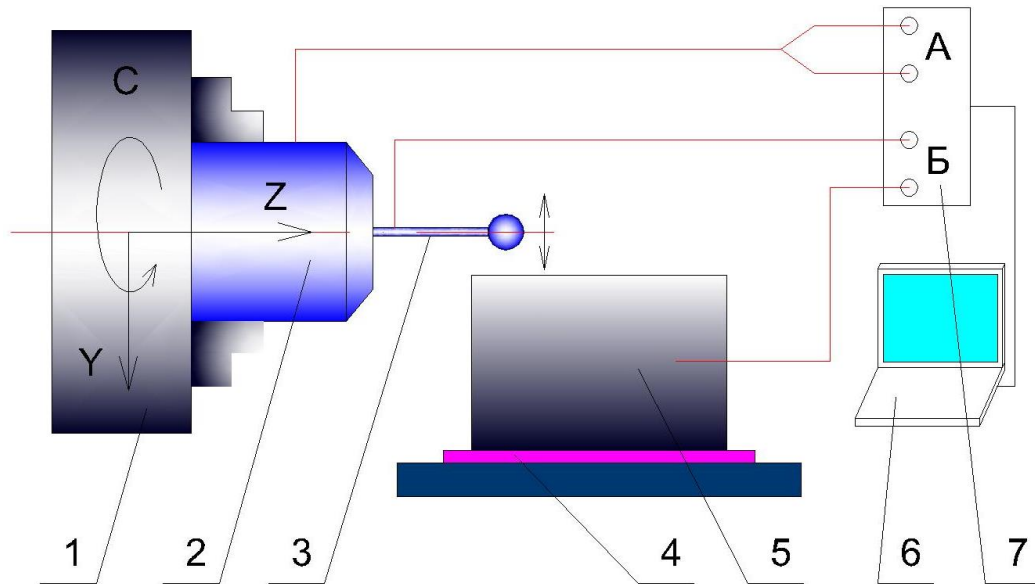
Както е известно за осъществяване на координатни измервания върху обработващи машини и конкретно на обработващи центри се използват контактни трикоординатни измервателни глави (ТИГ). Основно те са от вида, използващи кинематична съпротивителна система. При тях характерна особеност е наличието на голяма и неравномерна зона на нечувствителност (Dimitrov 2007 - 2017). Това е пречка по отношение на точността и създава затруднения за осъществяване на такива измервания. Намалването на влиянието на зоната на нечувствителност е възможно чрез прилагане на калибриране или настройване (Dimitrov, Karachorova, V., Szecsi, T 2012, 2014, 2015). Това е подход имащ за цел да се установи големината на зоната на нечувствителност в съответната посока при измерване да се внася корекция на резултата. За целта се осъществява аналогично на плануването по посока измерване на калибър. Контролната повърхнина на калибъра е най-често с форма на вътрешна цилиндрична повърхнина. Друг подход е вграждането на допълнителен чувствителен елемент в измервателната глава, който намалява зоната на нечувствителност. Първият подход е непрактичен при предполагаем голям брой различни посоки на измервания. Вторият подход води до увеличаване на цената на използваната ТИГ и налага допълнителни ограничения към работната среда.

⁵ Докладът е представен на студентската научна сесия на 9.05.2018 г. в секция „Механика и машиностроителни технологии“ с оригинално заглавие на български език: ИЗСЛЕДВАНЕ ТОЧНОСТТА НА ИЗМЕРВАТЕЛНА ГЛАВА ПРИ ИЗМЕРВАНЕ ПО СИГНАЛ ОТ ДОКОСВАНЕ.

ИЗЛОЖЕНИЕ

В настоящата публикация се разглежда възможността при координатните измервания с ТИГ да не се използва сигналът от нейната кинематична съпротивителна система, а сигнал който би възникнал при затваряне на електрическа верига между измервателния крайник и измервания обект. За да е осъществим такъв подход е необходимо измервателният крайник на ТИГ и измервания обект да електропроводими.

По-нататъшното изследване на приложимостта на този подход изисква да бъдат направени предварителни експериментални проверки. За целта е необходимо да се разработи подходяща опитна установка. На фиг. 1 е показана принципна схема с основните компоненти на установката.



Фиг.1. Принципна схема на опитната установка

На схемата е показано, че ТИГ 3 е установена в тричелюстен патронник 2 към въртящата маса “С” 2 на 5–координатен обработващ център MC032, с какъвто разполага лабораторията по Технология на машиностроенето към катедра ТММРМ на Русенския университет. На фигурата маса „А“ на машината е в позиция 0°. Чрез измервателния накрайник на ТИГ се осъществяват контактни координатни измервания в една и съща точка на вретеното 4 от вретения възел 5 с вертикални измервателни движения, изпълнявани с премествания по линейната ос Y на машината. При зададената позиция на маса А с въртящата маса “С” се осигурява възможността за изследване на работата на ТИГ при различни ъглови работни положения и посоки на измервания в равнината XY. При други позиции на маса А могат да се проведат изследвания на поведението на ТИГ в пространството.

Опитната установка включва още аналогово-цифров преобразувател 7 (АЦП) и персонален компютър 6 със софтуер за обработване на постъпващите сигнали.

Принципът на работа на опитната установка и възможностите за управление на условията за провеждане на експериментите са следните:

1. Измервателната система се привежда в готовност.
2. С помощта на измервателната програма, въведена в системата за ЦПУ на машината се осъществява измервателен цикъл по ос Y с повторения, чиито брой може да бъде променян по желание.
3. Скоростта на измервателното преместване може да се задава безстепенно в обхвата на възможностите на подавателния превод по ос Y на машината, което в случая е $1 \div 2000 \text{ mm/min}$.

4. Ъгловото положение на ТИГ също може да бъде променяно с дискретност, съответстваща на дискретността на позициониранията на маса „С“ на машината, която в случая е не по-малко от $0,001^\circ$.
5. При измерванията се генерират два сигнала. Единият е от затварянето на електрическата верига „Б“ през измервателния крайник на ТИГ и вретено 4. Другият е стандартният сигнал е от съществуващата кинематична съпротивителна система в ТИГ.
6. Двата сигнала постъпват в АЦП, а от там, след подходящото им обработване могат да бъдат изведени и сравнени различни техни характеристики с помощта на специализиран софтуер.
7. За конкретните изследвания, свързани с определяне на зоната на нечувствителност е необходимо да се установи разликата във времето при постъпване на двата сигнала.
8. При известна скорост на преместването при измерването по ос Y и установена разлика във времето между двата сигнала може да се пресметне големината на зоната на нечувствителност на ТИГ при избрано ъглово положение, което съответства на избрана посока на измерване в равнината XY.

ИЗВОДИ

Разработена е опитна установка, осигуряваща провеждането на експериментално изследване за определяне на зоната на нечувствителност на ТИГ при различни условия.

REFERENCES

Dimitrov D., (2013). *Eksperimentalno izsledvane vliyanieto na toplinnite deformatsii varhu tochnostta na ustanovyavane na konusen instrumentalen darzhach ISO40 vav vretenoto*, Nauchna konferentsiya - RU&SU'13 v Balgariya, Mehanika i mashinostroitelni tehnologii, Ruse, str.57-60 (**Оригинално заглавие:** Димитров Д., (2013) *Експериментално изследване влиянието на топлинните деформации върху точността на установяване на конусен инструментален държач ISO40 във вретено*, Научна конференция - РУ&СУ'13 в България, Механика и машиностроителни технологии, 57-60)

Dimitrov D., (2013). *Eksperimentalno ustanovyavane na statichnata greshka na sledyashti prevodi s indirektna obratna vrazka v ravninata*. Nauchna konferentsiya - RU&SU'13 v Balgariya, Mehanika i mashinostroitelni tehnologii, 52-56 (**Оригинално заглавие:** Димитров Д., (2013). *Експериментално установяване на статичната грешка на следящи преводи с индиректна обратна връзка в равнината*. Научна конференция - РУ&СУ'13 в България, Механика и машиностроителни технологии, стр.52-56)

Dimitrov D., (2011). *Statichen silov analiz na trikoordinatna izmervatelna glava*, Mashinostroene i mashinoznanie, broj 13, str. 49-51, ISSN 1312-8612 (**Оригинално заглавие:** Димитров Д., (2011). *Статичен силов анализ на трикоординатна измервателна глава*, Машиностроене и машинознание, брой 13, 49-51, ISSN 1312-8612)

Dimitrov, D., (2007). *Trikoordinatna izmervatelna glava*, Mezhdunarodna nauchna konferentsiya AMTECH-07, Gabrovo, 223-226 (**Оригинално заглавие:** Димитров, Д., (2007). *Трикоординатна измервателна глава*, Международна научна конференция AMTECH-07, Габрово, 223-226)

Dimitrov D., V. Karachorova. (2012). *Niskobyudzhethna sistema za upravlenie na parametri ot tochnostta i nadezhdnostta pri obrabotvashti tsentri*, NK na RU i SU - 2012, Ruse, Mehanika i mashinostroitelni tehnologii, 93-98 (**Оригинално заглавие:** Димитров Д., В. Карачорова. (2012). *Нискобюджетна система за управление на параметри от точността и надеждността при обработващи центрове*, НК на РУ и СУ-2012, Русе, Механика и машиностроит. технологии, 93-98)

Dimitrov D., V. Karachorova. (2012) *Izledvane na sluchaynata greshka pri ednomerno i dvumerno pozitsionirane na obrabotvasht tsentar*, NK na RU i SU-2012, Ruse, Mehanika i

mashinostroitelni tehnologii,109-113(Оригинално заглавие:ДимитровД.,В.Карачорова. (2012). Изследване на случайната грешка при едномерно и двумерно позициониране на обработващ център, НК на РУ и СУ - 2012, Русе , Механика и машиностроителни технологии,109-113)

Dimitrov D., T. Szecsi. (2015) *Machining accuracy on CNC lathes under the lack of unity of the process and design data*. IN: Proceedings of the 48th CIRP Conference on Manufacturing Systems, Ischia, Italy, Procedia CIRP41 CMS 2015, 2016, pp. 824-828

Dimitrov D. (2016) Compensation of systematic errors of 3D touch probe using a touch signal. International Journal - Institute of Knowledge Management, 2016, No 13.1,349-354, ISSN 1857-92

Dimitrov D. (2016)Analysis of coordinate measurements with 3D touch probe of machining centers,International Journal-Institute of Knowledge Management,N13.1,321-326,ISSN1857-92.

Dimitrov, D., Karachorova, V., Szecsi, T.(2014). *Accuracy and reliability control of machining operations on machining centres*.Key Engineering Materials, 2014, No 615,32-38, ISSN 1013-9826

Dimitrov D. (2016). *AUTOMATIC SELECTION OF PROCESING WITH LESS ERROR IN THE POSITIONING OF MACHINING CENTERS*.// International Journal - Institute of Knowledge Management, 2016, No 13.1, pp. 327-332, ISSN 1857-92.

Dimitrov D., Karachorova V., Nenov G., (2017) *Research the possibilities of the method for determining the Tolerances in geometric precision of machining center*, International journal for science, technics and innovations for the industry, 2017, брой 3, 118-120, ISSN WEB 1314-507X.

Dimitrov D., Geotgiev I.,Karachorova V., (2017) *Method for technology process control of alignment to machining center with two spindles*, International journal for science, technics and innovations for the industry, 2017, брой 4, стр. 174-177, ISSN WEB 1314-507X

Тази публикация е разработена във връзка и с подкрепата на проект ФМТ-03-2018 от Фонд научни изследвания на Русенския университет „А. Кънчев“.

EMPLOYMENT OF RAPID PROTOTYPING IN SPECIFIC MEDICAL AND INDUSTRIAL APPLICATIONS⁶

Dimitar Kamarinchev – PhD Student

Department of Material Science and Technology,
University of Ruse “A. Kanchev”, Bulgaria
Tel.: +359 82 888206
E-mail: dkamarinchev@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Roussi Minev, PhD

Department of Materials Science and Technology,
University of Ruse “A. Kanchev”, Bulgaria
Phone: +359886561708
E-mail: rus@uni-ruse.bg

Assist. Prof. Emil Yankov, PhD

Department of Materials Science and Technology,
University of Ruse “A. Kanchev”, Bulgaria
Phone: +359895614247
E-mail: eyankov@uni-ruse.bg

Asist. Prof. Mariana Ilieva, PhD

Department of Materials Science and Technology,
University of Ruse “A. Kanchev”, Bulgaria
Tel.: +359896128130
E-mail: mdilieva@uni-ruse.bg

Abstract: Initial results of the use of a RepRap (replicating rapid prototype) 3D printer, for producing of implantable devices are presented. Different biodegradable PLA membranes were produced, their dimensions were measured, and the issues of accuracy and dimensional capabilities were addressed as well. The geometry of the produced meshes is very convenient to be studied by the Grid method. This method is based on a comparison between nominal dimensions of a grid and the actual (measured) dimensions and gives useful results about deviation distribution throughout the parts. The state of the art in the field of implantable resorbable materials is also shortly described, including the feasibility of utilizing budget technology (printers, software, and measuring devices for process control) for agile manufacturing of such medical devices.

Keywords: Implantable materials, Rapid prototyping, Capability study, Grid method, Accuracy study

ВЪВЕДЕНИЕ

Техниките за бързо прототипиране (RP) се ползват в индустриалната практика за различни цели: готови за влагане части, прототипи, леене на метали [1]. Поради нежеланото замърсяване с полимерни отпадъци [2], се предпочита ползването на разградими полимери, същите намират приложение и в производството на импланти [3-5]. Такива импланти се използват за възстановяване на тъкани [6, 15], контролирано освобождаване на лекарства, като хирургични платна, винтове, щифтове, раневи клипсове и др. [8-11]. Предимството на разградимия полимер е, че след изпълняване на функциите си за определен период от време се разгражда и изхвърля от организма посредством метаболитните процеси.

⁶ Докладът е представен на студентската научна сесия на 9.05.2018 г. в секция „Механика и машиностроителни технологии“ с оригинално заглавие на български език: ПРИЛОЖЕНИЕ НА БЪРЗОТО ПРОТОТИПИРАНЕ ЗА НЯКОИ МЕДИЦИНСКИ И ИНДУСТРИАЛНИ ЦЕЛИ.

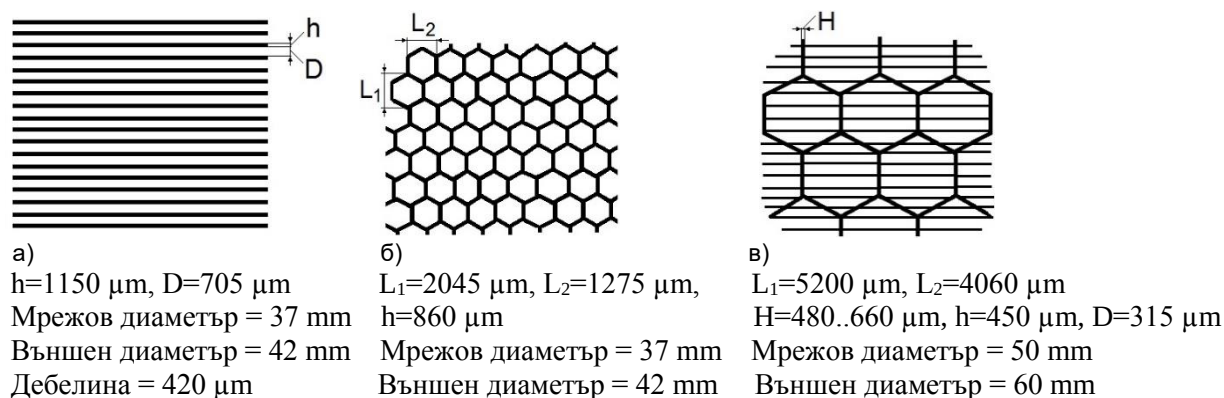
За ин виво употреба се предпочитат естествени материали като колаген и алгинат. Поради технологични предимства все по-голямо значение се отдава обаче на синтетични полимери като полилактозна киселина (PLA); полигликолна киселина (PGA), или кополимери на основата на PLA/PGA и т.н. [8, 9, 12]. За да функционират правилно, медицинските импланти трябва да са биосъвместими, механически и химически устойчиви и икономически изгодни за производство [7, 13, 14]. Ползването на 3D принтери за производство на такива приспособления осигурява добра възможност за контролиране на механическите им свойства и на функционалността им, например скорост на разграждане. Последната играе важна роля, например при платна за лечение на херния.

Поради пост-хирургични възпалителни реакции и дискомфорт при употреба на полипропиленови платна [16], се предлага замяна с комбинирано платно от полиетилен терафталат (PET) и полилактозна киселина (PLA), като PLA усленява закрепването на платното и след време се разгражда, намалявайки наличието на чужда материя в тялото. Основната мотивация, в този случай, е проучването на възможностите за ползване на 3D принтери за производство на био-импланти. Цели се постигане на висока точност при много малки размери, без да се жертват механически или други, съществени за изделието показатели. Важно е също да се запазят или подобрят: цената, технологичността и функционалността на импланта. При това под внимание трябва да се вземе влиянието, оказвано върху имплантите на телесните флуиди, съдържащи ензими като Протеаза, Липаза (Естераза), Липаза (Куртиназа), Протеиназа К, Лизозим, Хемотрипсин и т.н. [3, 5, 17-19]. Значимостта на повърхнинната площ за кинетиката на разграждане до момента не е подробно изучена. Целта на настоящата работа е да се изследват възможностите на RepRap (replicating rapid prototype) технологията за изграждане на био-импланти от PLA, имащи необходимите механически свойства и повърхностна морфология, които в следващи работи ще се изучават по отношение на разградимост и резорбируемост.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Извършени експерименти

За целите на това изследване е ползван RepRap принтер Veleman K8200. За дебелината на отлагания слой е зададена стойност 0.2 mm, а за скоростта на отлагане 7 mm/s. Също така са използвани софтуерните продукти Repetier и SolidWorks за създаване на структурата, формата, геометрията и дебелината на образците. Първата стъпка при създаването на имплантируемата мрежа е определянето на външната геометрия. В хирургичната практика на лекуване на херния, тази геометрия е обикновено кръгла, елипсовидна или правоъгълна. С помощта на CAD софтуер бяха генерирани кръгли обекти (външни диаметри 42 и 50 mm) с дебелина of 420 μ m. Броят ограждащи контури, които осигуряват механическата цялост на мрежата, беше зададен чрез Repetier. За целите на експеримента бяха зададени 7 такива контура (те определят т.н. мтежов диаметър, Фиг. 1). Също така чрез Repetier се контролира и оформлението на вътрешността на създавания обект посредством изменение на няколко от параметрите на изграждане. Това са: (i) дебелина на образца; (ii) плътност на запълване; (iii) фигури на запълване. Бяха създадени пробни образци с фигури от типове линейна, пчелна пита (шестоъгълник) и “комбинирана” структура (пчелна пита плюс линейна мрежа наложена върху всички елементи на шестоъгълната структура), с плътност на запълване 35% (Фиг. 1). Тези структури са предназначени за тестване възможността за получаване на хирургически платна с различни механически свойства: твърдост, механическа якост и съотношение площ към обем. Последното е с подчертана важност за евентуални бъдещи изследвания, предполагащи измерване и контролиране на скоростта на резорбция.

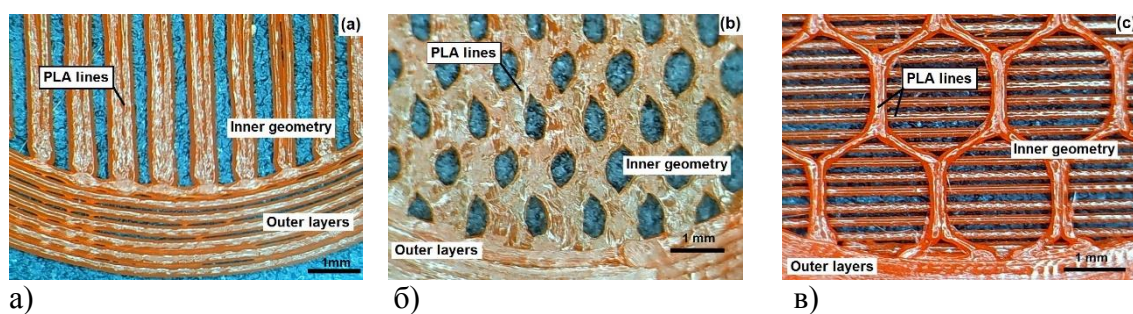


Фиг. 1. Мрежова геометрия и размери: (а) линейна мрежа; (б) мрежа тип пчелна пита; (с) “комбинирана” структура.

Резултати

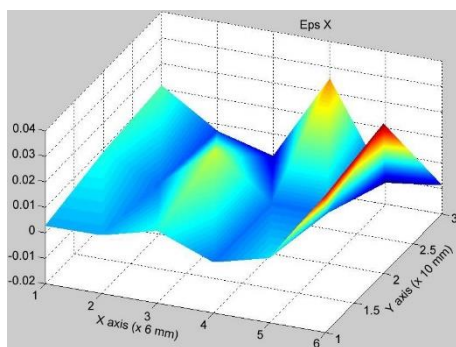
Резултатите показват, че някои от фигурите нямат равномерна геометрична точност (Фиг. 2). По-конкретно отклонението на геометрическите параметри (линиите на мрежата, междини, размери на шестоъгълниците на пчелната пита) биха могли да имат отклонения от номиналите. Средните стойности на тези параметри (h , D , L_1 и L_2) бяха изчислени (Фиг.1) на базата на ограничен брой измервания (5 измервания за всеки от параметрите). Най-точното геометрично изпълнение се наблюдава при “комбинираната” фигура на запълване.

Оценката на точността може да се осъществи по ефективен начин като се използва Метод на координатните мрежи (МКМ). Методологията на определяне на точността и определяне на възможностите на различни тестови образци, и технологии, е изложена в редица работи [22-26]. В конкретния случай тя беше използвана за определяне геометричните отклонения в структурата на изгражданата решетка.

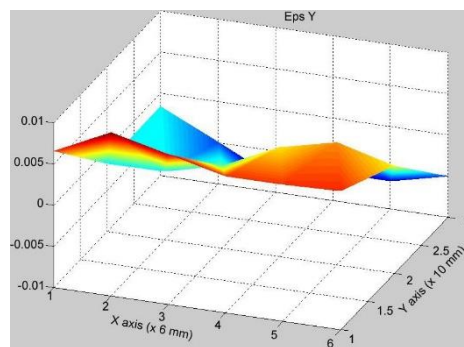


Фиг. 2. Оптическа микрография на образци на хирургически мрежи от PLA с различни фигури на запълване (а - линейна; б – пчелна пита; с - комбинирана)

Методът на координатните мрежи, използван в настоящата работа, се базира на генерираните решетки тип пчелна пита. Изчислените разлики между номиналните размери на решетката (L_1 и L_2) и измерените (L_{o1} and L_{o2}) за даден образец се ползват за изчисляване на отклоненията $\varepsilon_x = (L_2 - L_{o2})/L_{o2}$ и $\varepsilon_y = (L_1 - L_{o1})/L_{o1}$ за всички елементи на пчелната пита. Чрез този метод бяха събрани голям брой данни за единичен образец (размер на извадката = 30), което осигурява достоверност на резултатите [1]. Индиректни измервания на решетката бяха извършени със скенер Epson Perfection 4870 Photo. Координатите на точките бяха измерени в пиксели със софтуерния продукт Moficis. Данните са представени във вид на 3D диаграма, показваща как деформациите (отклоненията от номиналните размери) на изградения модел са разпределени по целия обем (Фиг. 3 и Фиг. 4). Това дава възможност, при необходимост, да се коригира създадения CAD-модел.



Фиг. 3. Разпределение на ε_x



Фиг. 4. Разпределение на ε_y .

При диаметър на екструдера 0.5 mm и 5 mm стъпка на пчелната пита, максималните относителни грешки от 4% и 1.6% бяха установени съответно по направление x и y, поради анизотропност на мрежата (наложената линейна мрежа е ориентирана по направление x, което предполага по-голямо свиване на материала в това направление). Изхождайки от максималните стойности на относителното отклонение от размерите беше изчислена абсолютната точност на изработените мрежи и тя е от порядъка на 0.08 mm.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Бяха изградени опитни образци от PLA с линейна структура и във вид на пчелна пита посредством използване на адитивна технология и лесно—достъпен софтуер. Точността на елементите на геометрията (при “комбинираната” мрежа) дава отклонения в рамките на 4%, което се приема като допустимо за целите на настоящата работа. Произведените образци дават възможност за изследване на механическите свойства, и на кинетиката на резорбция на дадения материал.

REFERENCES

- [1] R. Minev et al., E. Minev, Technology for Rapid Prototyping – Basic Concepts, Quality Issues and Modern Trends, Scripta Scientifica Medicinæ Dentalis, v2, No1 (2016) pp.12-22
- [2] K. Leja et al., Polymer Biodegradation and Biodegradable Polymers – a Review, Polish J. of Environ. Stud. Vol. 19, No. 2 (2010), pp. 255-266.
- [3] H. Azevedo et al., Understanding the Enzymatic Degradation of Biodegradable Polymers and Strategies to Control their Degradation Rate, Biodegradable Systems in Tissue Engineering and Regenerative Medicine, CRC Press, Boca Raton (2015) pp. 177-201.
- [4] B. Ratner et al., Biomaterials Science, An Introduction to Materials in Medicine, 2nd Ed., Academic Press, (2004), pp. 78
- [5] A. Gloria et al., Polymer-based composite scaffolds for tissue engineering, Journal of Applied Biomaterials & Biomechanics (2010) vol. 8 no. 2, pp. 57-67.
- [6] A. Gregor et al., Designing of PLA scaffolds for bone tissue replacement fabricated by ordinary commercial 3D printer, Journal of Biological Engineering (2017) pp 11-31.
- [7] S. Murphy et al, 3D Printing of Organs and Tissues, Nature Biotechnology, No8 (2014), pp. 773-785
- [8] H. Li et al., Effects of external stress on biodegradable orthopedic materials: A review, Bioactive Materials 1 (2016) pp.77-84.
- [9] D. Sanders et al., Prosthetic mesh materials used in hernia surgery, Expert Rev. Med. Devices, vol.9, no.2 (2012) pp. 159–179.
- [10] X. Xiong et al., The Degradation of Polylactic Acid Aiber, Proceedings of the 2010 International Conference on Information Technology and Scientific Management (2010) pp.294-295
- [11] J. Stephen et al., Bio implant materials: Requirements, Types and Properties - A review, Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences (2017), Special Issue August 2017

- [12] J – S. Nagarajan et al., Bio-absorbable polymers in implantation-An overview, J Sci Ind Res, vol. 68, Dec. (2009) pp. 993-1009
- [13] Ch.-W Kang et al., State of the art of bio implants manufacturing: part I, Adv. Manuf. (2018) pp. 20-40.
- [14] J. Wang et al., Biomaterials: Principles and Practices, Published: Dec.6, (2012) by CRC Press, pp. 107-110
- [15] E. Kim et al., Preparation of biodegradable PLA/PLGA membranes with PGA mesh and their application for periodontal guided tissue regeneration, Biomedical materials, v4, No5 (2009), 055001, DOI: 10.1088/1748-6041/4/5/055001
- [16] Y. Wang et al., Short-term results of open inguinal hernia repair with self-gripping Parietex ProGrip mesh in China: A retrospective study of 90 Cases, Asian Journal of Surgery (2016) 39, pp 218-224
- [17] J. Ren, J., Biodegradable Poly(Lactic Acid): Synthesis, Modification, Processing and Applications, (2010) Tsinghua University Press, Beijing and Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p.86.
- [18] J. Goswami et al., Processing and characterization of poly(lactic acid) based bioactive composites for biomedical scaffold application, eXPRESS Polymer Letters vol.7, No.7 (2013) pp. 767–777.
- [19] K. Chaisu, V. Siripholvat, New Method of Rapid and Simple Colorimetric Assay for Detecting the Enzymatic Degradation of Poly Lactic Acid Plastic Films, International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research, vol.4, no.1, January (2015) pp.57-61
- [20] E.Minev et al, The RepRap Printer for Metal Casting Patternmaking – Capabilities and Application, Труды VIII Международной научно-практической конференции „Прогрессивные литейные технологии“, НИТУ МИСиС, Moscow (2015), ISBN 978-5-9903239-3-3, pp. 300-303
- [21] E.Minev et al., The RepRap Printers for Metal Casting Pattern Making – Capabilities and Application. IN: On Innovative Trends in Engineering and Science (SFITES 2015), Kavala, Greece, Parnas Publishing House ISBN 978-954-8483-35-6 (2015) pp. 122-127.
- [22] Bredendick, F., Zur ermittlung von deformationen an verzerrten gittern. Wiss. Technical University Dresden (1969) vol 16, pp. 1473-1481
- [23] E. Minev et al., Grid Method for Improving the Accuracy of Layer Based RP Parts, Eleventh National Conference on Rapid Design, Prototyping and Manufacturing, Lancaster, ISBN: 978-0-9566643-0-3 (2010) pp.163-171
- [24] R. Minev et al., Methodology for Capability Maturity Assessment of MNT chains, 4M Conference, Plastipolis, Oyonnax, France (2010) ISBN: 978-981-08-6555-9, pp. 253-256
- [25] E. Minev et al., Utilizing a grid method for accuracy study of micro SLA parts, 4M Conference, Plastipolis, Oyonnax, France (2010) ISBN: 978-981-08-6555-9, pp. 257-260
- [26] E. Minev et al., Grid Method for Accuracy Study of Micro Parts Manufacturing, Micro and Nanosystems (MNS), ISSN:18764029, 3 (3) (2011) pp. 263-269.

Докладът отразява резултати от работата по проект No 2018-ФМТ-01, финансиран от фонд „Научни изследвания“ на Русенския университет.“



HIGH-TEMPERATURE SYNTHESIS ON THE INTERMETALLIC COMPOUND. NITINOL (NICKEL AND TITANIUM) RECEIVING AND ANALYZING THE PROPERTIES⁷

Stanislav Dermenji, Student

Department of Material Science and Technology,

University of Ruse "A. Kanchev", Bulgaria

Tel.: 089-958-8974

E-mail: dermenjistas@gmail.com

Emil Yankov, Chief Assist. Prof., PhD

Department of Material Science and Technology,

University of Ruse "A. Kanchev", Bulgaria

Tel.: 086-888-205

E-mail: eyankov@uni-ruse.bg

Abstract: *The main objective of this study is to obtain and subsequently investigate the structural, mechanical and tribological properties of nitinol. In order to determine what hidden properties this unique alloy is predominant, a vacuum arc melting of Ni and Ti in a protected medium was carried out to obtain a desired homogeneous shape memory alloy. The change in hardness of Ni and Ti was investigated, as well as the change after getting the alloy, which increased above 55% and after heat treatment dropped by about 9%. A metallograph analysis of the alloy and tribological analysis for the change of the coefficient of friction was conducted, which reduced more than 57%. The tangential force drops to 8 N compared to Ni and Ti which are respectively higher at 20 N and 23 N.*

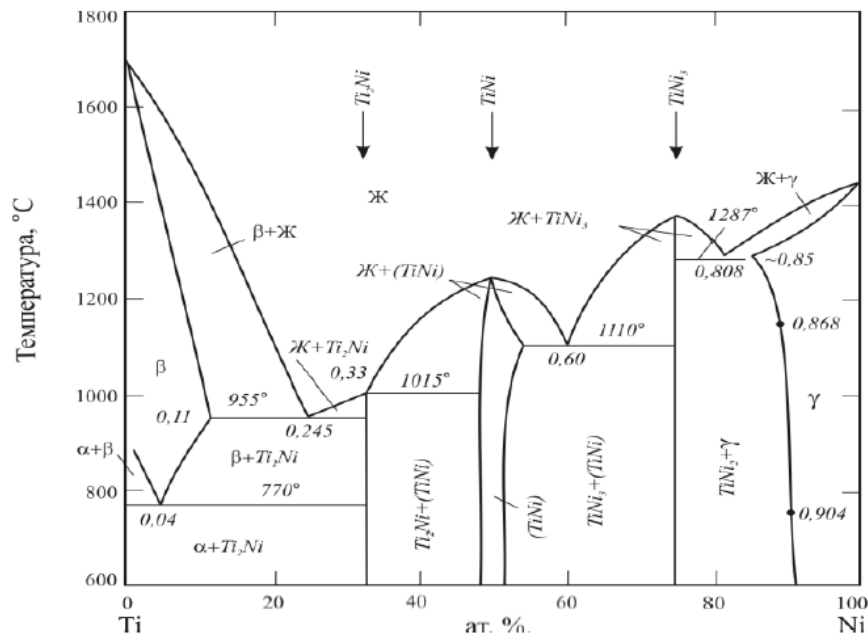
ВЪВЕДЕНИЕ

Изследването на нитинола върху поведението в механизмите на машинните и измервателни елементи е интересен феномен съдържащ комплексни физични и технологични състояния на материала при специфични условия. Един от най-известните феномени на сплавта е възможността за памет на формата [1-5]. Това явление е изследвано от много автори и неговия характер на изменение спрямо температурата е недостатъчно пълно изучен. Известно е, че факторите влияещи върху аустенитно-мартензитното превръщане са количественото съотношение на Ni и Ti в сплавта (фиг.1) [6-8], температурата и налягането.

С какво нитинол е по-различна от другите сплави? Тя се характеризира с висока твърдост, с добра корозионна устойчивост, съдържа относително евтини материали, които се произвеждат в промишлеността на други държави, особено в Русия. Допълнителна особеност на сплавта е присъщото ѝ свойство *памет на формата*.

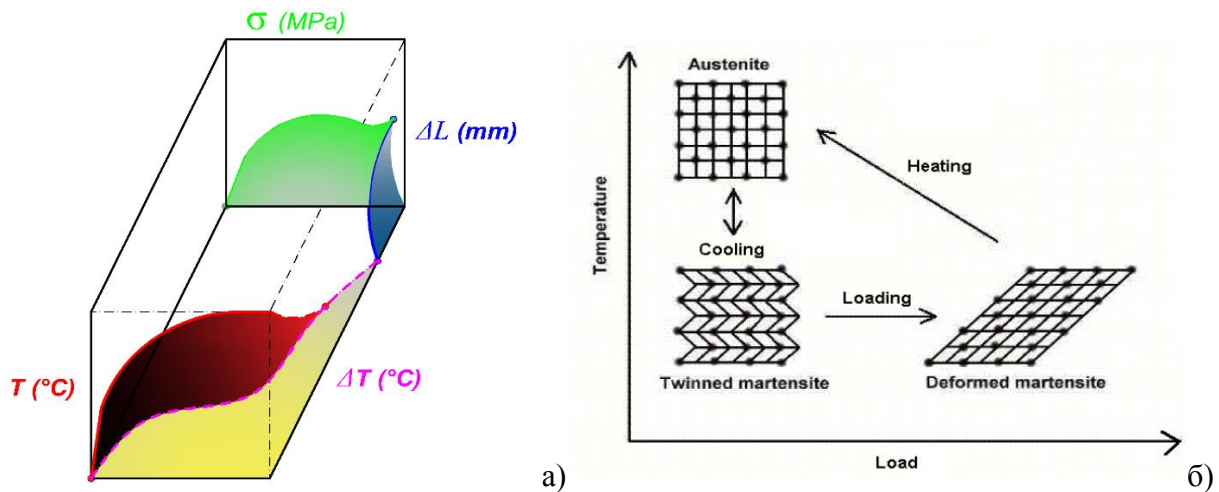
При съотношението на 50 % Ni и 50 % Ti се дава възможност за най-голяма възможност за ефекта с памет на формата [9-15]. Това обаче далеч не е така защото температурата на заливане и налягането в камерата силно оказват влияние върху последващата ефективност за паметта на формата. Това е свързано основно с получаваната хомогенност на структура в сплавта.

⁷ Докладът е представен на студентската научна сесия на 9.05.2018 г. в секция „Механика и машиностроителни технологии“ с оригинално заглавие на български език: ПРИЛОЖЕНИЕ НА БЪРЗОТО ПРОТОТИПИРАНЕ ЗА НЯКОИ МЕДИЦИНСКИ И ИНДУСТРИАЛНИ ЦЕЛИ.



Фиг.1. Диаграма на състоянията на нитинол

Свойствата на този материал във високотемпературна фаза се доближават до свойствата на стоманата. Пределът на тънкостта може да има значителен подобрен характер. Същото се отнася за условието на налягане на течния материал. За да деформиране тази сплав (50% Ni + 50% Ti) във високотемпературна фаза, трябва да се загрее, за да стане по-пластична. След загряването до определена температура му задаваме определена структура.



Фиг.2. Преходни състояния на нитинола а) циклична 3D диаграма, б) кристално преориентиране без прекъсване на междоатомните връзки

Материалът в нискотемпературна фаза притежава по-ниска механична якост, отколкото материалът във високотемпературна фаза. Когато нитинолът се охлади до минималните ниски температури по-долу от точката на мартензитното превръщане, той придобива пластични свойства – леко се разгъва, сгъва и т.н. За да продължим да деформиране материала, започваме да променяме температурата (фиг.2.а). Ако го натоварим и после премахнем натоварването, той ще запази деформацията си при определена температура. Но ако започнем да променяме температурата, то нитинолът ще се върне в изходното си състояние. Този ефект се нарича ефект на памет на формата.

При конзолно закрепване на прът или пружина от материал нитинол и натоватваме с определена сила в свободния край той или тя ще започне да си променят формата под

действието на натоварването приложено от масата на поставеното тяло. При премахване на натоварването те ще си променят формата и при последващото нагряване ще си възстановят изходната си форма (фиг. 2.6) [10].

Какви характеристики притежава нитинолът (50% Ni + 50%Ti)? - генериране на механични напрежения, устойчивост на цикличното натоварване, свърхпластичност и термопластичност. Тези комплексни свойства правят сплавта уникална и могат да дадат широко приложение в различни сфери на индустрията.

МЕТОДИКА НА ЕКСПЕРИМЕНТА

Материалите за получаване на сплавта са Ti с чистота 99.998 % и Ni с чистота 99.999 %, като масовото претегляне е осъществено на електронна везна с точност ± 10 mg. Маса на Ni е 19.98 g, а на Ti – 19.96 g. т.е. с разлика между тях 0.02 g. Получаването на сплавта е осъществено чрез дъгов разряд между изходния материал и медна плоча във [вакуумна](#) камера (фиг.3). Процесът на смесване се осъществява при работно налягане 2.5×10^{-1} mbar, като се натича аргон с работно налягане на натичане 1.5 mba, като защитна среда. Измерването на твърдостта е осъществено по метода на Викерс с „Wilson Hardness Tester 432SVD“ (фиг.4) при зададено натоварване 10 кг. Проведени са по 10 последователни измервания през стъпка 500 μm за трите материала (Ni, Ti и NiTi).



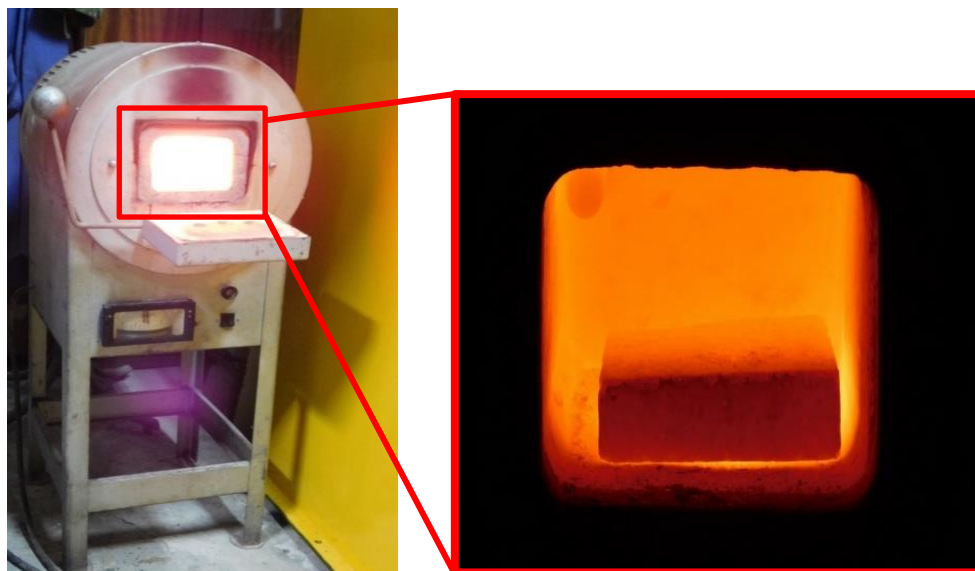
Фиг. 3. Вакуумна инсталация за електродъгово безокисно разтапяне



Фиг. 4. Твърдомер 432SVD за измерване по метода на Викерс

Получените стойности са нанесени в табл. 1 и осреднени, като са отчетени и средните им дивииации на отклонение. За нормализиране на сплавта е проведено термично отгряване в електросъпротивителна пещ (фиг.5) при температура 550 °C за 15 минути.

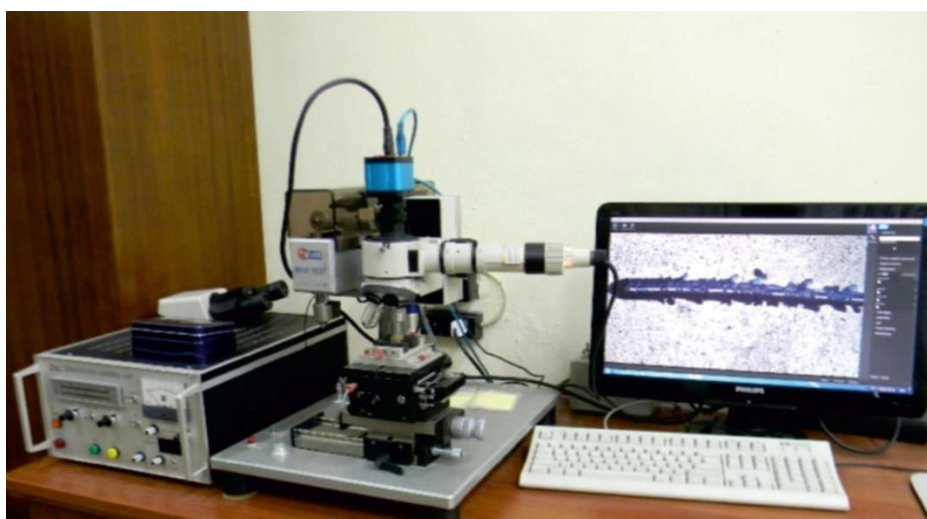
В процеса на изследването е извършен микроструктурен анализ с микроскоп „Neophot 21“ (фиг.6) при оптично увеличение $\times 400$. Определени са измененията на коефициента на триене „ μ “ и тангенциалната сила „ F_t “ за Ni, Ti и NiTi по метода на драскане чрез „CSEM Revetest Scrach Macrotester“ (фиг.7) при прогресивно натоварване от 0 до 30 N и диамантен накраиник с диаметър 200 μm . Чрез софтуерен продукт „CSEM“ са снети трибологичните характеристики на изследваните материали за сравнителен анализ между тях.



Фиг. 5. Електросъпротивителна пещ за отгряване



Фиг. 6. Общ изглед на цифровизиран микроскоп „Neophot 21“

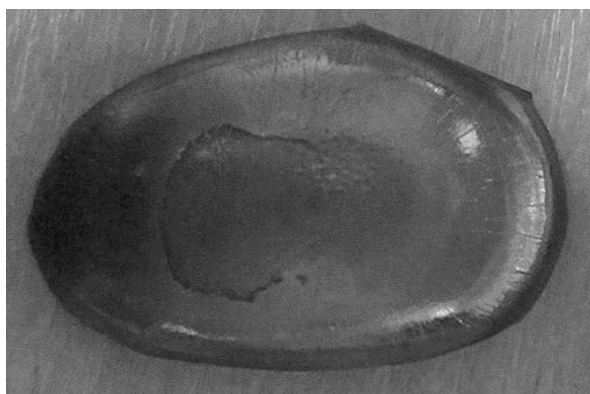


Фиг. 7. Общ изглед на цифровизиран „CSEM Revetest Scrach Macrotester“

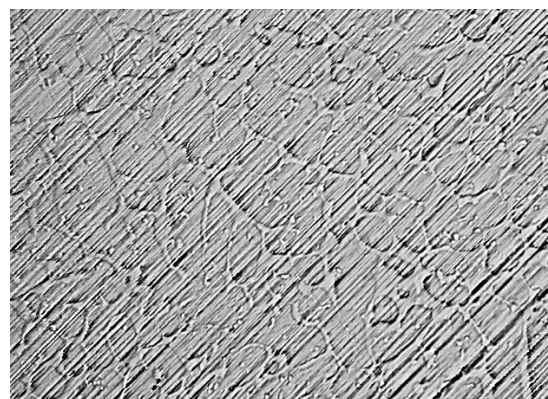
АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

След вакуумното електродъгово разтапяне се установи, че масата на получената сплав е 39.92 g вместо 39.94 g т.е. имаме 0.02 g. загуби, които могат да се дължат на електродъговото разтапяне и от точността на измерване с електронната везна. Получената сплав от нитинол е показана на фиг.8, като на фиг.9 е представен микроструктурен анализ при оптично увеличение $\times 400$.

Забелязват се ясни граници на отделните фази в структура и на еднаквата едрина на зърната. Това естествено ще повлияе и върху механичните и технологичните свойства на сплавта. Получената сплав е разделена на части за термично отгряване с цел по-подробно изучаване на сплавта. Проведено е измерване на твърдостта преди термично отгряване, а друга част след термично отгряване. Получените стойности на твърдостта са нанесени в табл.1 и са сравнени с измерените твърдости на Ni и Ti.



Фиг.8. Отливка на нитинол получена във вакуумна инсталация



Фиг.9. Проявена структура на отлития нитинол

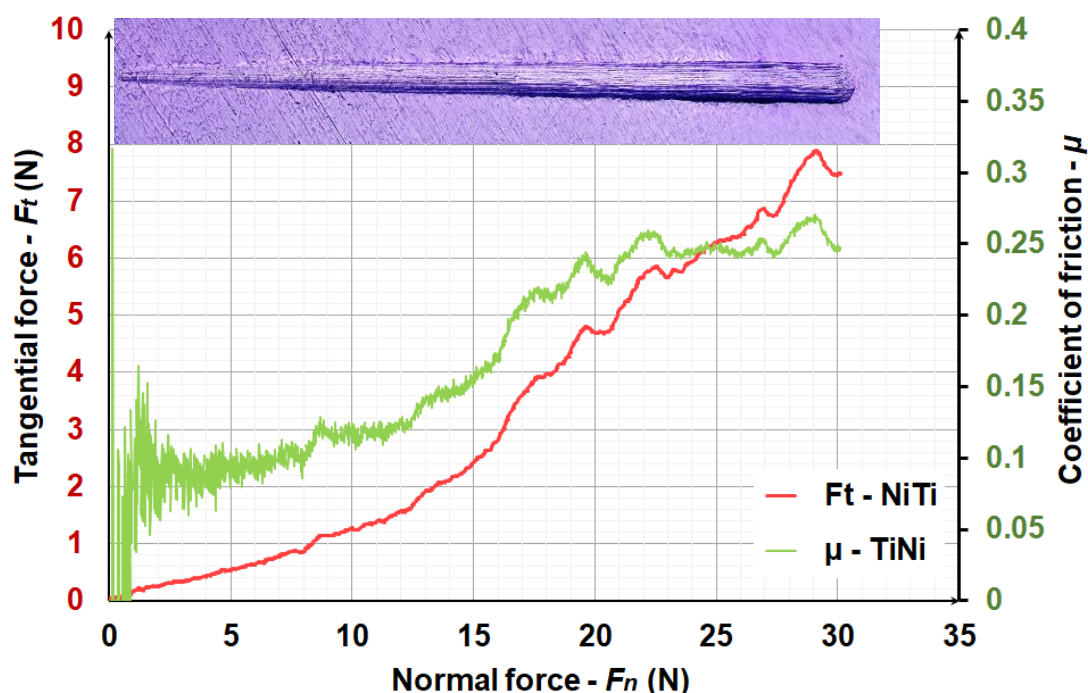
С тъмно червен цвят са представени най-ниските стойности на измерените твърдости за всеки един обект на текущото изследване (Ti, Ni, NiTi и NiTi- след термично отгряване). С тъмно зелен цвят са представени най-високите стойности на измерване за всеки един обект на текущото изследване.

Таблица 1. Измерване на твърдост по метода на Викерс HV

№	Ti	Ni	NiTi - Cast	NiTi - TO
	HV10	HV10	HV10	HV10
1	143.7	210.9	338.5	310
2	165.3	214.3	318.8	313.4
3	167.6	211.9	339.7	304.7
4	174.4	205	310.5	307.6
5	166.2	211.6	315	309.6
6	172.3	207.4	364.2	320.2
7	167.6	198.9	329.2	304.6
8	172.3	201	309.6	272.7
9	167.5	218.4	310.3	286.4
10	175.7	197.1	342.5	273.1
Δ	167.26	207.65	327.83	300.23

Средната твърдост на Ti е 167.26 HV10 и се отклонява от -14 % до + 5 % това показва че титана в условие на доставка е с неравномерна структура. Средната твърдост на Ni е 207.65 HV10 и се отклонява в границите на ± 5 %, това показва че никелът притежава хомогенна структура в условие на доставка. След смесването на титана и никела и отливането му, твърдостта нараства средно 327.83 HV10. Отклоненията са в границата на -3.91% до +10%. Това показва че получената сплав има нехомогенност. Този резултат показва, че твърдостта на получената сплав е с 57.8 % по-висока от средната твърдост на Ni и с 96 % по-висока от средната стойност на твърдостта на Ti. След термично отгряване твърдостта на сплавта намалява с 9 %.

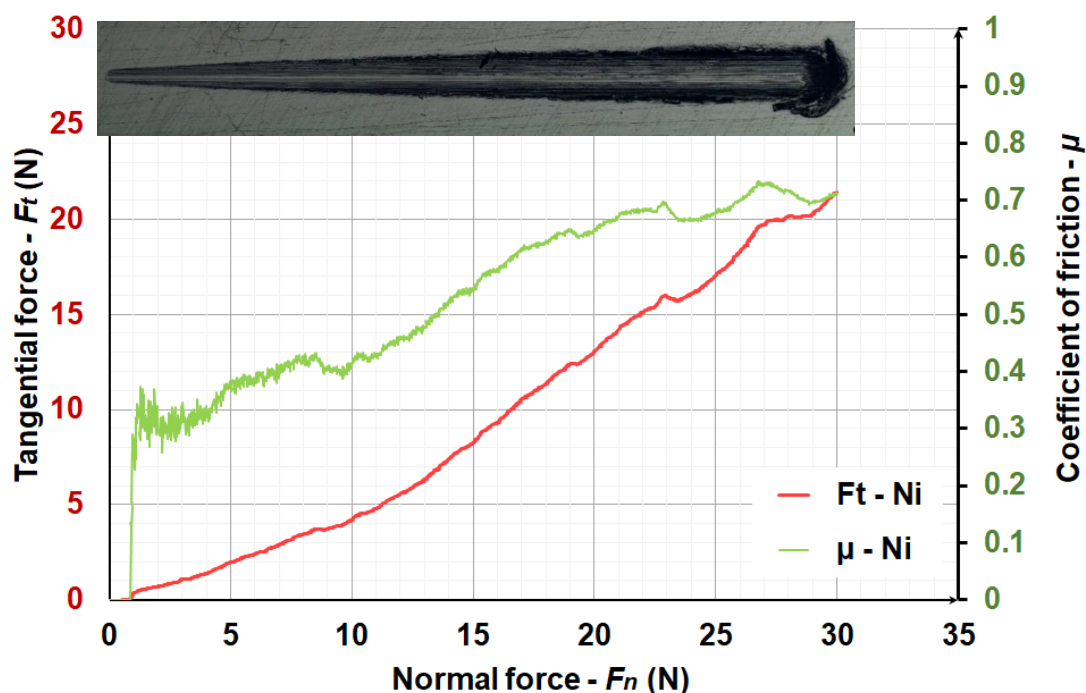
За определяне на технологичните свойства на сплавта след отливане е проведен трибологичен анализ чрез метода на драскане. Построени са индикаторните диаграми за изменението на коефициента на триене и тангенциалната сила спрямо прогресивното натоварване до 30 N (фиг.10).



Фиг.10. Индикаторна диаграма за изменение на коефициента на триене и тангенциалната сила за NiTi

В началния етап на натоварване (от 0 до 8 N) коефициента на триене се колебае с висока амплитуда, като има затихващ ефект с нарастване на натоварването. Една от причините за този ефект се дължи на макро грапавините на повърхността отчитана пряко от реакцията на нормалната сила. Друга причина за този ефект е наличието на твърда и мека фаза в сплавта. С нарастване на натоварването от 9 N до 30 N коефициента на триене нараства с наличие на флуктуации, дължащи се на преминаването между различни граници на зърнестата структура. При максимална нормална сила стойността на коефициента на триене (μ) достига 0.25 – 0.28. Тангенциалната сила до достигане на нормална сила 17 N се изменя сравнително равномерно, т.е. съпротивлението на материала срещу пластичното деформиране е равномерно. С нарастване на натоварването диаграмата на тангенциалното натоварване нараства по-стръмно и с по-големи колебания. Една от причините за това поведение се крие в неравномерността на фазите в структурата на сплавта или големи гранични зони на отделните кристални зърна. За да се потвърдят предположенията е необходимо повече металографски и рентгеноструктурни изследвания допълващи поведението на сплавта при трибологичното изследване.

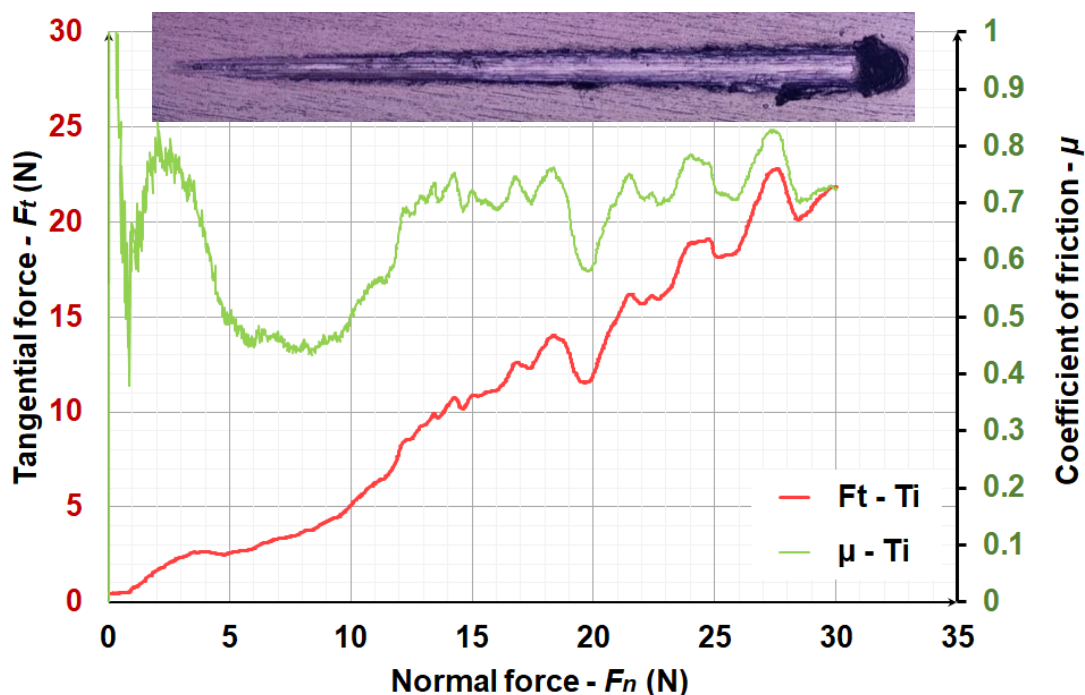
За сравнение на трибологичните свойства на NiTi с чист Ni и чист Ti са снети и техните трибологични характеристики (фиг.11 и фиг.12). При Ni стойностите на коефициента на триене при малките натоварвания до 4 N се изменят в интервала от 0.3 до 0.36 чиито колебания могат да се дължат на структурни нехомогености и повърностни неравности.



Фиг.11. Индикаторна диаграма за изменение на коефициента на триене и тангенциалната сила за Ni

С нарастване на натоварването флукуациите затихват като при 9.8 N и 24 N се забелязва спад в коефициента на триене в рамките на 0.1. При максималното нормално натоварване 30 N стойността на коефициента на триене достига 0.73, които стойности са доста по-високи от получената сплав (NiTi). Тези завишени стойности доказват, че изследваният никел е с по-ниска твърдост, потвърждавайки се от по-широката и по-дълбоката следа на драскане. В предната част на следата се забелязва натрупал се пластично-деформиран материал, който е бил пред диамантения индентор. Тангенциалната сила се изменя сравнително равномерно до достигането на максималното натоварване 30 N. Това потвърждава добрата хомогеност на материала и в дълбочината на изследване.

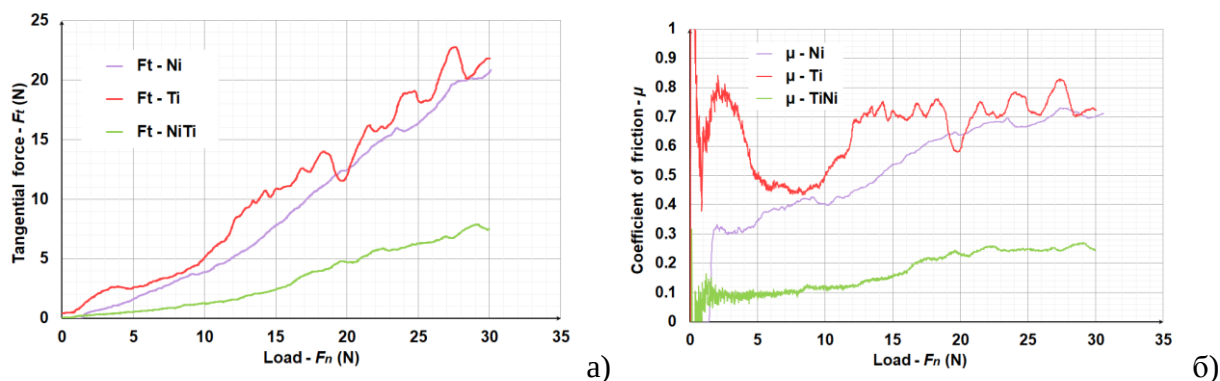
При Ti (фиг.12) началните стойности на коефициента на триене са най-високи достигащи до 0.8, в сравнение с Ni и NiTi. В интервала на нормална сила от 5 до 10 N имаме спад характерен за друго кристалографско разположение на структурните зърна. С нарастване на нормалната сила флукуациите на колебанията не намаляват, това показва силно не еднаквата зърниста структура. Това поведение се потвърди и с измерените отклонения на твърдостта. При изменението на тангенциалната сила до достигане на нормално натоварване 10 N имаме сравнително малки отклонения. С нарастване на нормалното натоварване отклоненията се увеличават. При максимални сили на натоварване стойността на тангенциалната сила достига 23 N. При натоварване с нормална сила 30 N тангенциалната сила и коефициента на триене имат високи стойности. Представяната следа на драскане показва пластично поведение на чистия Ti, като по ръбовете на следата има остатъци от пластично изместен материал в страни.



Фиг.12. Индикаторна диаграма за изменение на коефициента на триене и тангенциалната сила за Ti

За по подробен анализ на трибологичните свойства са построени сравнителни диаграми на коефициента на триене и тангенциалната сила между Ni, Ti и NiTi (фиг.13.а и фиг.13.б). При сравнителен анализ на диаграмите за тангенциалните сили се установява, че NiTi е с най-ниски стойности, достигащи максимална стойност 8 N докато при Ni и Ti тангенциална сила е с над 2.5 пъти по-висока, т.е. достигане при максимална нормална сила стойности на тангенциалната сила над 20 N. Този ефект показва подобряване изнosoустойчивостта на получената сплав, както и неговата повишена трайност при прилагане в изработването на машиностроителните детайли или възли.

При сравнителните диаграми за изменението на коефициента на триене (фиг.13.б) се установява подобна тенденция, като получената сплав е във вакумно електродъгово стапяне и има коефициент на триене най-нисък в диапазона на изследвания от 0 до 30 N. Стойността на коефициента на триене на сплавта не надвишава 0.28, която е с над 2 пъти по-ниска от останалите 2 материала Ni и Ti. Подобреният коефициент на триене ще допринесе за прилагането му в изделия, в които се изисква малък коефициент на триене (лагери, винтови двоици, ябълковидни болтове и др.)



Фиг. 13. Трибологични характеристики а) изменение на тангенциална сила спрямо нормалното натоварване, б) изменение на коефициента на триене спрямо нормалното натоварване

За доказване на поставената цел – сплав с памет на формата беше проведен експеримент, при който парче с размери 10 x 15 мм от отгрятият материал беше огънат на 60 ° (фиг.14а). Пробата беше захваната с клещи в единия край и нагрята с запалка (фиг.14б). В последствие пробата си възстанови първоначалната форма (фиг.14в).



Фиг. 14. Сплав нитинол с памет на формата

ИЗВОДИ

1. Предложената методика за получаване на сплавта „NiTi“ дава възможност за получаване на сплав с памет на формата и с подобрени трибологични свойства;
2. Твърдостта след електродъгово вакуумно стапяне на Ni и Ti и получаването на една сплав нараства с 57 % спрямо Ni и Ti, след термично обработване твърдостта на сплавта спада с 9 %;
3. За по-подробен и пълен анализ на изследваната сплав е необходимо да се извърши микроструктурен и рентгеноструктурен анализ;
4. Необходимо е да се проведат подробни изследвания с NiTi произведен от производител, като резултатите се сравняват с произведена сплав при нас;
5. Коефициентът на триене след вакуумно-електродъгово стапяне на сплавта намалява с 2.8 пъти спрямо Ni и с 3.3 % спрямо Ti.

REFERENCES

1. W.J. Buehler, J.W. Gilfrich & R.C. Wiley, „Effects of low-temperature phase changes on the mechanical properties of alloys near composition TiNi,“ Journal of Applied Physics 34 (1963) p 475. doi:10.1063/1.1729603
2. Olander, A (1932), J. Amer. Chem. Soc. 54: 3819
3. F.E. Wang, W.J. Buehler & S.J. Pickart, „Crystal structure and a unique martensitic transition of TiNi,“ Journal of Applied Physics 36 (1965) p 3232 – 3239.
4. "The Alloy That Remembers", Time, 1968-09-13.
5. Kauffman, George B.; Mayo, Isaac (1997), "The Story of Nitinol: The Serendipitous Discovery of the Memory Metal and Its Applications", The Chemical Educator 2: 1, doi:10.1007/s00897970111a.
6. Гюнтер, В. Э. Никелид титана. Медицинский материал нового поколения / В. Э. Гюнтер, В. Н. Ходоренко, Ю. Ф Ясенчук и др. – Томск: Изд-во «МИЦ», 2006. – 296 с.
7. Гюнтер, В. Э. Медицинские материалы и имплантаты с памятью формы : в 14 томах / В. Э. Гюнтер, В. Н. Ходоренко, Т. Л. Чекалкин и др. ; под ред. В. Э. Гюнтера. – Томск: Изд-во «МИЦ», 2011. – Т. 1. – 534 с.
8. Гюнтер, В. Э. Медицинские материалы и имплантаты с памятью формы / В. Э. Гюнтер, Г. Ц. Дамбаев, П. Г. Сысолятин и др. – Томск: Изд-во «ТГУ», 1998. – 487 с.
9. <http://www.nitinol.com/nitinol-university/nitinol-facts/>
10. http://www.nitinol.com/media/files/material-properties-pdfs/sm495_wire_data%20%5BConverted%5D_v2.pdf
11. http://www.nitinol.com/media/files/material-properties-pdfs/se508_wire_data%20%5BConverted%5D_v2.pdf

12. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tf.asp?id=244&tid=44>
13. <http://dermatology-bg.com/bg/diseases/43>
14. <https://www.slideshare.net/sajithnbg/shape-memory-alloys-58329620>
15. <http://www.findpatent.ru/patent/261/2613835.html>

DEVELOPMENT OF COMBINED MACHINING BY SURFACE PLASTIC DEFORMATION

Konstantin Radkovski – Student

Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering
University of Ruse“Angel Kanchev”
Tel.: +359 886 554157
E-mail: koko0505@abv.bg

Djamal Drenkov – Student

Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering
University of Ruse“Angel Kanchev”
Tel.: +359 896 215876
E-mail: koko0505@abv.b

Elena Nikolova – Student

Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering
University of Ruse“Angel Kanchev”
Tel.: +359 895 683304
E-mail: ajamal_96@mal.bg

Abstract: As bases for the engineering planing, a morphological table for instruments for Surface Plastic Deformation is developed. The three-component classification, based on the morphological analyses method unambiguously proves the multidimensionality and perspectivity of the research in the field of design of instruments for Surface Plastic Deformation.

Keywords: Surface Plastic Deformation, instruments for Surface Plastic Deformation, classification, morphological analyses method

ВЪВЕДЕНИЕ

В исторически план комбинираното обработване (рязане и повърхностно пластично деформиране) на външни повърхнини е намерило приложение значително по-рано, докато прилагането му при обработване на външни повърхнини е още във фаза начално развитие. Най-перспективното направление за осъществяване на рязането при комбинираното обработване чрез режещ плаващ блок е и най-слабо развито. Проблем е липсата на теоретични и технологични изследвания, които да формират информационната база за обосновано конструиране на инструментите с режещ плаващ блок.

Затруднено е комбинираното обработване чрез повърхностно пластично деформиране (ППД) на детайли:

- със степенни и прекъснати повърхнини [Kostadinov V. S., & V. S. Kostadinov (2001); Kostadinov V. S, Karshakov M. K., & Georgieva N. K. (2006), Kostadinov V. S., (2007 a)];
- тъкостенни и неравностенни с високи изисквания за геометрична точност [Grigorov V. I., Karshakov M. K., Kostadinov S.V., & Petrov P. P., (2006); Grigorov V. I., Karshakov M. K., Kostadinov S. V., & Petrov P. P., (2008)];
- със завишени изисквания за твърдост [Kostadinov V. S. (2007 b), Kostadinov V. S. (2007 c), Kostadinov V. S. (2007 d)].

Прогнозирането на тенденциите на развитие на метода дава възможност да се направи обективен избор на проблемите, чието решение ще бъде полезно и ефективно за практиката.

ИЗЛОЖЕНИЕ

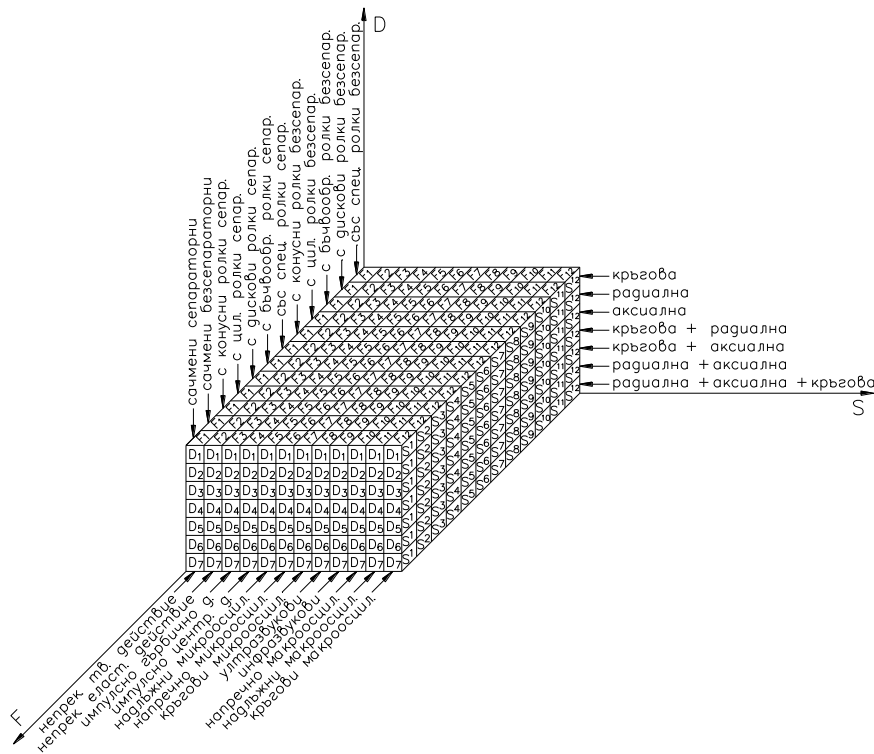
Прогнозиране на основата на патентна документация

При инженерното прогнозиране (предшествуващо планирането и проектирането) въз основа на патентна информация се разработват три основни групи прогнози [Гмошинский В. Г., 1973]:

- краткосрочни (от 2 до 4 години);
- среднострочни (от 5 до 15 години);
- дългосрочни (от 16 до 30 години).

Най-достоверни от гледна точка на практическото приложение са средносрочните прогнози [Gmoshinskiy V. G., & Fiorent G. I., (1973)].

Като се използва методът на средно срочното прогнозиране [Gmoshinskiy V. G., & Fiorent G. I., (1973)] и методът на морфологичния анализ [Ayvazyan S. A., Eniukov I. A., & Metalkin L. D., (1985)] е разработена морфологична таблица за инструменти за ППД – фиг.1.



Фиг.1. Морфологична таблица на инструменти за ППД

Характеристиките определени като особено важни за инструментите за ППД са:

- начин на прилагане на деформиращата сила;
- вид на деформиращите елементи;
- начин на движение спрямо обработваната повърхнина.

Тъй като параметрите са три, таблицата е придобила очертанията на паралелепипед, изграден от малки кубчета. Броя на кубчетата точно съответствува на броя на комбинациите.

Изследваните направления са за инструменти с:

- твърдо действие [Suchkov A. G. & Kostadinov V. S. (1976); Suchkov A. G. & Kostadinov V. S. (1981); Suchkov A. G. & Kostadinov V. S. (1986); Kostadinov V. S. (1976);];
- еластично действие [Karshakov M.K., V. I. Grigorov, & S. V. Kostadinov, (2009); Grigorov V. I., M. K. Karshakov & S. V. Kostadinov (2004); Kostadinov V. S. (2007); Kostadinov V. S., & Kostadinov S. V. (2007)];

- динамично действие [Karshakov M.K., Grigorov V. I., & Kostadinov S.V., (2009); Grigorov V. I., Karshakov M. K., & Kostadinov S.V., (2004); Kostadinov V.S., (2007); Kostadinov V.S., & Kostadinov S.V., (2007)];

- осцилационно действие [Kostadinov V. S., (2007 b); Kostadinov V. S., (2007 e)];

- комбинирано действие [Kostadinov V. S., & Karshakov M. K., (2007); Kostadinov V. S. & Kostadinov S. V (2003); Kostadinov V. S, Kostadinov S. V. & Dimitrova G. (2005); Kostadinov V.S., (2007); Kostadinov V.S., (2008 a); Kostadinov V.S., (2008 b); Kostadinov V. S. & Karshakov M. K. (2008); Karshakov M. & Kostadinov V. (2009 a); Karshakov M. & Kostadinov V. (2009 b); Karshakov M. & Kostadinov V. (2009 c)].

Не е желателно изобретенията да се разделят на повече направления, тъй като това ще ограничи още повече броя им за всяко направление, което ще направи невъзможно изследванията по указаните методи. Изследването е проведено по патентния фонд на СССР и НРБ, и ограничен брой патенти на Русия, Австрия, Англия, Германия, САЩ, Полша и Чехословакия.

Откритите изобретения, които представляват интерес за прогнозирането възлизат на 132 броя.

Изобретенията са систематизирани и е извършено ранжиране за значимост на различните комбинации от морфологичната таблица.

След статистическото обработване на получените данни, за приетата в качество на критерии за перспективност средна стойност на първата производна на функцията за изменение на информационния масив са получени следните резултати за отделните направления:

Инструменти за ППД	Критерии за перспективност
С твърдо действие	+ 0,86
С еластично действие	+ 0,83
С динамично действие	+ 0,76
С осцилационно действие	+ 0,60
С комбинирано действие	+ 0,63
С осово подаване	+ 0,68
С радиално подаване	+ 0,65
Без сепараторни	+ 0,79
Сепараторни	+ 0,82

Стойността на критерия на перспективност за инструментите с твърдо и еластично действие, както и на тези с радиално и осово подаване е почти не различаваща се, което говори за равнопоставеност на този тип инструменти за прогнозирания период. Същото се отнася и за сепараторните и безсепараторните инструменти. Малко по-малък е критерият за перспективност за инструментите с динамично действие.

Най-голям е резервът за усъвършенстване на комбинираните инструменти и тези с осцилационно действие и е също приблизително еднакъв.

ИЗВОДИ

Изготвената по метода на морфологичния анализ трикомпонентна класификация, показва недвусмислено многоплановостта и перспективността на търсенията в областта на конструирането на инструменти за ППД, като за комбинирани инструменти това ще се отрази чрез прилагането на:

- режещ модул с вибрационно рязане;
- хидравличен режещ модул;
- хидравличен деформиращ модул;
- самоцентриращ се деформиращ модул.

REFERENCES

Ayvazyan S. A., Eniukov I. A., & Metalkin L. D., (1985). Osnovai modelirovaniia i pervichnoe obrabotka dannayh. Moskva: Izd. Vaisheyshaia shkola. (Айвазян С.А., Енюков И. С., Металкин Л. Д., 1985. Основы моделирования и первичное обработка данных. Москва: Изд. Высшейшая школа.)

Gmoshinskiy V. G., & Fiorent G. I., (1973). Teoreticheskie osnovai injenernovo prognozirovanie. Moskva: Izd. Nauka (Гмошинский В.Г., Фиорент Г.И., 1973. Теоретические основы инженерного прогнозирования. Москва: Изд., Наука.)

Kostadinov V. S., & Kostadinov S. V. (2001). Samotsentrirasht se instrument za obrabotvane chrez PPD. Sliven: Sb. "Izvestia" na Saiuza na uchenite, t. III, 2001, ISSN 1311-2864. (Костадинов В. С., Костадинов С. В. Самоцентриращ се инструмент за обработване чрез ППД. Сливен, Сб. „Известия“ на Съюза на учените, т. III, 2001, ISSN 1311-2864.)

Kostadinov V. S., Karshakov M. K., & Georgieva N. K. (2006). Otnosno prilozhimosta na instrumentite za PPD, raboteshti s radialno r periodichno podavane. Varna: Izdatelstvo na TU – Varna, Sb. Mashinostroene i mashinoznanie, br. 1, 2006, p.p. 22-25, ISSN 1312-8612. (Костадинов В. С., Кършаков М. К., Георгиева Н. К. Относно приложимостта на инструментите за ППД, работещи с радиално и периодично подаване. Варна: Издателство на ТУ – Варна, Сб. Машиностроене и машинознание, бр.1, 2006, с.22-25.)

Kostadinov V. S., (2007 a). Instrument dlya poverhnostnogo lasticheskogo deformirovaniia s radialnoy podachei . Moskva: MGTU "STANKIN" , "Proizvodstvo. Tehnologiiia. Ekologiiia. Sbornik nauchnah trudov № 10, s. 681-685, ISBN 978-5-8037-0394-5. (Костадинов В. С. (2007 а) Инструмент для поверхностного пластического деформирования с радиальной подачей. Москва: МГТУ „СТАНКИН“, „Производство. Технология. Экология.“, Сборник научных трудов №10, 2007, с.681-685, ISBN 978-5-8037-0394-5.)

Kostadinov V. S. (2007 b). Intenzifitsirane na obrabotvaneto chrez PPD pri halojeni ostsilirashti dvijeniia na zagotovkata. Sozopol: Sb. Dokladi, 25 iubileiyna nauchna konferentsiia s mejdunarodno uchastie MTF'2007, t.3, s. 90-95,. (Костадинов В. С., (2007 b). Интензифициране на обработването чрез ППД при наложени осцилиращи движения на заготовката. Созопол: Сб. доклади, 25 юбилейна научна конференция с международно участие МТФ'2007, т.3, 2007, с.90-95.)

Kostadinov V. S. (2007 c). Shema za povarhnostno plastichno deformirane s elektrokontaktno nagryavane. Semkovo: XVI Natsionalna nauchno-tehnicheska konferentsiia s mejdunarodno uchastie "ADP 2007", br. 4/99, s. 422-426, ISSN 1310-3946. (Костадинов В. С., (2007 c). Схема за повърхностно пластично деформиране с електроконтактно нагряване. Семково: XVI Национална научно-техническа конференция с международно участие „АДП-2007“, бр.4/99, 2007, с.422-426, ISSN 1310-3946.)

Kostadinov V. S. (2007 d). Obrabotvane chrez povarhnostno plastichno deformirane v usloviyata na elektrokontaktno nagryavane. Semkovo: XVI Natsionalna nauchno-tehnicheska konferentsiia s mejdunarodno uchastie "ADP 2007", br. 4/99, s. 427-430, ISSN 1310-3946.

(Костадинов В. С., (2007 d). *Обработване чрез повърхностно пластично деформиране в условията на електроконтактно нагряване. Септември: XVI Национална научно-техническа конференция с международно участие „АДП-2007”, бр.4/99, 2007, с.427-430, ISSN 1310-3946.*)

Kostadinov V. S. (2007 e). Otnosno obosnovka na shema za povarhnostno plastichno deformirane s nalojeni ostsilirashti dvijeniia. Sozopol: Sb. Dokladi, 25 iubileiyna nauchna konferentsiia s mejdunarodno uchastie MTF'2007, t.3, s. 96-191. (Костадинов В. С., (2007 e). *Относно обосновка на схема за повърхностно пластично деформиране с наложени осцилиращи движения. Созопол: Сб. доклади, 25 юбилейна научна конференция с международно участие МТФ'2007, т.3, 2007, с.96-101.*)

Karshakov M. K., Grigorov V. I. & Kostadinov S. V., (2009). Vliyanie na trieneto pri plazgane varhu povedenieto na plavasht rejesht blok. Varna: Izdatelstvo TU-Varna, Sb. Mehanika na mashinite, br. 6, kn. 2, s. 60-63, ISSN 1312-8612. (Кършаков М. К., Григоров, Костадинов С. В. (2009). *Влияние на триенето при плъзгане върху поведението на плаващ режещ блок със значими еластични двойства. Варна: Издателство ТУ-Варна, Сб. Механика на машините, бр. 6, кн. 2, с. 60-63, ISSN 1312-8612.*)

Grigorov V.I., Karshakov M. K. & Kostadinov S. V., (2004). Osobenosti ns shemnrite variant za kombinirano obrabotvane na gladki valove, obusloveni ot razpolozhenieto rejeshti elementi s pravolineiyni rejeshti rabove v plavashtiia blok. Ruse: Nauchni trudove na RU “Angel Kanchev”, t.XXXI, s. 139-146, ISSN 1311-3321. (Григоров В. И., Кършаков М. К., & Костадинов С. В., (2004). *Особености на схемните варианти за комбинирано обработване на гладки валове, обусловени от разположението режещи елементи с праволинейни режещи работи в плаващия блок. Русе: Научни трудове на РУ “Ангел Кънчев”, т. XXXI, с. 139-146, ISSN 1311-3321*)

Kostadinov V.S.& S.V.Kostadinov, (2007). Kinematic Analysis of a Self-Centering Tool for the Surface Plastic Flow. Kaunas: MECHANIKA-2007, Technologija, 2007, p.163-167, ISSN 1822-2951.

Kostadinov V. S. & Karshakov M. K., (2007). Otnositelno sil rezaniia pri kombinirovannai obrabotke. Moskva: Sb. Nauchnai trudov MGTU”Stankin”, “Proizvodstvo. Tehnolgiia. Ekologiiia. № 10, s.686-690, ISBN 978-58037-0394-5. (Костадинов В. С., Кършаков М. К., (2007). *Относително сил резания при комбинираната обработка. Москва: Сб. Научных трудов МГТУ „Станкин”, „Производство. Технология. Экология.”, №10, 2007, с.686-690, ISBN 978-5-8037-0394-5.*)

Kostadinov V. S. & Kostadinov S. V., (2003). Otnosno razmeroobrazuvaneto pri kombinirano obrabotvane s plavasht rejesht blok. Varna: Izdatelstvo TU-Varna, Mehanika na mashinite, br. 48, s. 74-77, ISSN 0861-8727. (Костадинов В.С., & Костадинов.С. В. (2003) *Относно размерообразуването при комбинирано обработване с плаващ режещ блок. Варна: Издателство ТУ-Варна, Механика на машините, бр.48, с. 74-77, ISSN 0861-8727.*)

Kostadinov V.S., Kostadinov S. V. & Dimitrova G., (2005). Izsledvane povedenieto na deformirasht modul ot instrument za kombinirano obrabotvane na valove. Varna: Izdatelstvo TU-Varna, Mehanika na mashinite, br. 55, s. 139-142, ISSN 0861-8727. (Костадинов В. С., С. В. Костадинов, Г. Димитрова, (2005). *Изследване поведението на деформиращ модул от инструмент за комбинирано обработване на валове. Варна: Издателство ТУ-Варна, Механика на машините, бр. 55, с.139-142, ISSN 0861-8727.*)

Kostadinov V. S. (2008 a). Osobenosti na razmeroobrazuvaneto pri kombinirani instrumenti za povarhnostno plastichno deformirane. Kranevo: VIII Mejdunarodna konferentsiia “Avangardni mashinostroitelni obrabotki”, s. 181-184, ISSN 1313-1264. (Костадинов В. С. (2008 a) *Особености на размерообразуването при комбинираните инструменти за повърхностно пластично деформиране. Кранево: VIII Международна конференция “Авангардни машиностроителни обработки”, с.181-184, ISSN 1313-1264.*)

Kostadinov V. S. (2008 b). Osobenosti na povarhnostното plastichno deformirane, osashtestveno ot deformirashtiia modul v kombiniraniia instrument. Mashinostroene i mashinoznanie, No 4, s. 95-98, ISSN 1312-8612. (*Костадинов, В. С (2008 b) Особености на повърхностното пластично деформиране осъществено от деформиращия модул в комбинирания инструмент. Машиностроене и машинознание, №4, 2008, с.95-98, ISSN 1312-8612.*)

Kostadinov V. C. & Karshakov M. K., (2008). Osobenosti pri opredelyane brojia na deformirashtite rolki na kombinirani instrumenti za povarhnostni plastichno deformirane. Semkovo: ADP-2008, XVII NNTK s mejdunarodno uchastie, br. 3/106, s. 91-96, ISSN 1310-3946. (*Костадинов В. С., М. К. Кършаков (2008). Особености при определяне броя на деформиращите ролки на комбинирани инструменти за повърхностно пластично деформиране. Семково: АДП-2008, XVII ННТК с международно участие, бр.3/106, 2008, с.91-96, ISSN 1310-3946.*)

Karshakov M. & V. Kostadinov (2009 a). About cutting forces for skiving by a movable two-blade block. Kaunas, MECHANIKA-2009 № 4, Technologija, 2009, ISSN 1391-1207.

Karshakov M. & V. Kostadinov (2009 b). Eksperimentalno rzsledvane na kraishtnite efekti pri razstargvane s podvijen plavasht blok. TU-Softa, filial Plovdiv, Nauchna konfrentsia s mejdunarodno uchastie Tehsis'2009, s. 53-58. (*Кършаков М., Костадинов В. (2009 b). Експериментално изследване на краищните ефекти при разстъргване с подвижен двуножов блок. ТУ-София, филиал Пловдив, Научна конференция с международно участие Техсис'2009, с.53-58, ISSN 1310-8271.*)

Karshakov M. & V. Kostadinov (2009 c). Eksperimentalno rzsledvane na vlyanieto na osovoto razmestvane na rejeshtite plastini pri podvijen dvunojov blok varhu diametralniia razmer na otvora. TU-Softa, filial Plovdiv, Nauchna konfrentsia s mejdunarodno uchastie Tehsis'2009, s. 83-88. (*Експериментално изследване на влиянието на осовото разместване на режещите пластини при подвижен двуножов блок върху диаметралния размер на отворра. ТУ-София, филиал Пловдив, Научна конференция с международно участие Техсис'2009, с.83-88, ISSN1310-8271.*)

Grigorov V. I., Karshakov M. K., Kostadinov S.V., & Petrov P. P., (2006). Plavasht blok sas znachimii elastichni svoystva i na dlia sreshtupolojni, osovo razmesteni rejeshti elementa. Ruse, Nauchni trudove na RU "Angel Kanchev", t. XXXXV, ser. 2, s. 90-94, ISSN 1311-3321. (*Григоров В.И., Кършаков М. К., Костадинов С. В., Петров П. П., (2006). Плаващ блок със значими еластични свойства и на два срецуположни, осово разместени режещи елемента. Русе: Научни трудове на РУ "Ангел Кънчев", т. XXXXV, сер. 2, с. 90-94, ISSN 1311-3321.*)

Grigorov V. I., Karshakov M. K., Kostadinov S.V., & Petrov P. P., (2008). Dvuredov instrument za PPD na tsilindrichni otvori pri sachetavane na konusni rolki s obratni konusnosti. Semkovo: Sb. Dokladi, VII Natsionalna nauchnotehnicheska konferentsiia s mejdunarodno uchastie, ADP 2008, septemvri 2008. s. 97-101, ISSN 1310-3946. (*Григоров, В. И., Кършаков М. К., Костадинов С. В. & Петров П. П. Двуредов инструмент за ППД на цилиндрични отвори при съчетаване на конусни ролки с обратни конусности. Семково: Сб. Доклади „VII Национална научнотехническа конференция с международно участие, АДП 2008, септември 2008, с. 97-101, ISSN 1310-3946.*)

Suchkov A. G. & Kostadinov (1976). Kinemetika na instrument za povarhnostno plastichno deformirane s konusni deformirashti rolki i radialno podavane. Ruse, Nauchni trudove na VTU "Angel Kanchev", t. XVIII, 1976. (*Сучков А.Г., В.С.Костадинов. Кинематика на инструмент за повърхностно пластично деформиране с конусни деформиращи ролки и радиално подаване. Русе, Научни трудове на ВТУ, Русе, т.XVIII, 1976.*)

Kostadinov V. S. (1986). Kam kinematika na insjument za PPD s konusni deformirashti rolki. Ruse, Nauchni trudove na VTU "Angel Kanchev", t. XXVI, s. 299-303, ISSN 0205-3322. (*Костадинов В. С. Към кинематиката на инструмент за повърхностно пластично деформиране с конусни деформиращи ролки и радиално подаване. Научни трудове на ВТУ, Русе, т.XXVI, с. 299-303, ISSN 0205-3322*).

CONSTRUCTIONS OF CUTTING AND DEFORMING BLOCKS IN COMBINED TOOLS FOR SURFACE PLASTIC DEFORMATION

Konstantin Radkovski – Student

Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering
University of Ruse“Angel Kanchev”
Tel.: +359 886 554157
E-mail: koko0505@abv.bg

Djamal Drenkov – Student

Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering
University of Ruse“Angel Kanchev”
Tel.: +359 896 215876
E-mail: koko0505@abv.b

Asst. Prof. Pavel Petrov, PhD

Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering
University of Ruse“Angel Kanchev”
Phone: 082-888 474
E-mail: ppetrov@uni-ruse.bg

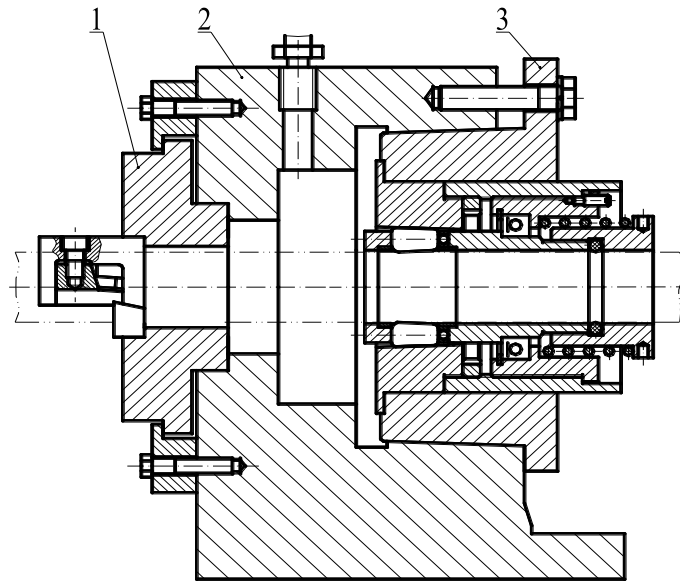
Abstract: *The precision achieved by combined processing with Surface Plastic Deformation could be secured by regulating the processes. Herewith a process for regulation both the process of cutting and Surface Plastic Deformation is presented. The instruments are able to work both with hard and with elastic action.*

Keywords: *Surface Plastic Deformation, precision of threatment, combined processing*

ВЪВЕДЕНИЕ

Конструирането на комбинираните инструменти е сложна задача. Сложността произтича от това, че макар да е налице значително сходство между двата процеса – рязане и повърхностно пластично деформиране (ППД), всеки от тях протича при специфични условия и действащи фактори. Стремежа е конструктивната комбинация да осигурява максимално позитивен сумарен ефект от двата процеса [Kostadinov V. S., Filev I. A., Gonevski K. S., (1986); Grigorov V.I., Karshakov M. K. & Kostadinov S. V., (2004); Karshakov M. K., Grigorov V. I. & Kostadinov S. V., (2009); Karshakov M. (2008); Kostadinov V. & M.Karshakov, (2008); Karshakov M. & V. Kostadinov (2009)].

Комбинираните инструменти са компоновани на модулен принцип. Състоят се от режещ и деформиращ модул, монтирани в общ корпус – фиг.1.



Фиг.1.Схема на комбиниран инструмент
1 - режещ модул; 2- корпус; 3- деформиращ модул

ИЗЛОЖЕНИЕ

Конструктивни решения

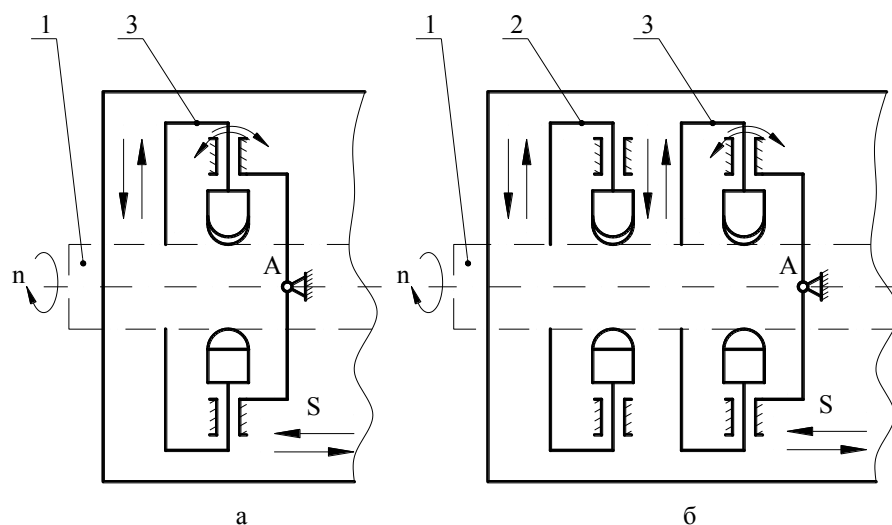
За осигуряване на постоянно качество на обработената повърхнина е необходимо да се поддържа постоянна стегнатост при ППД, която най-лесно и сигурно ще се постигне при гарантиране един постоянен размер от процеса рязане [Kostadinov V. S. (2001); Karshakov M. K., & N. A. Georgieva (2008); Karshakov M. K., (2009)]. При обработването чрез рязане получаваната точност е динамична величина, зависеща от много фактори (някои постоянни, а болшинството случайни), което усложнява решаването на основната задача и налага постоянно контролиране на размера и периодично коригиране – възниква необходимостта от управление на процеса рязане.

В работа [Kostadinov V. S. (1986); Kostadinov V. S., Filev I. A. & Gonevski K. S., (1986)] са разработени две модификации на схема за режещ модул с възможности за управление:

- с плаващ блок, завъртащ се около точка А – фиг.2а [Kostadinov V. S. & Karshakov M. K., (2007)];

- с два плаващи блока, от които единия може да се завърта около точка А – фиг.2б [Kostadinov V. S., (2007); Kostadinov V. S., & Kostadinov S. V. (2001)].

В настоящата работа се предлагат конструкция и схемни решения на управление чрез хидравлика.



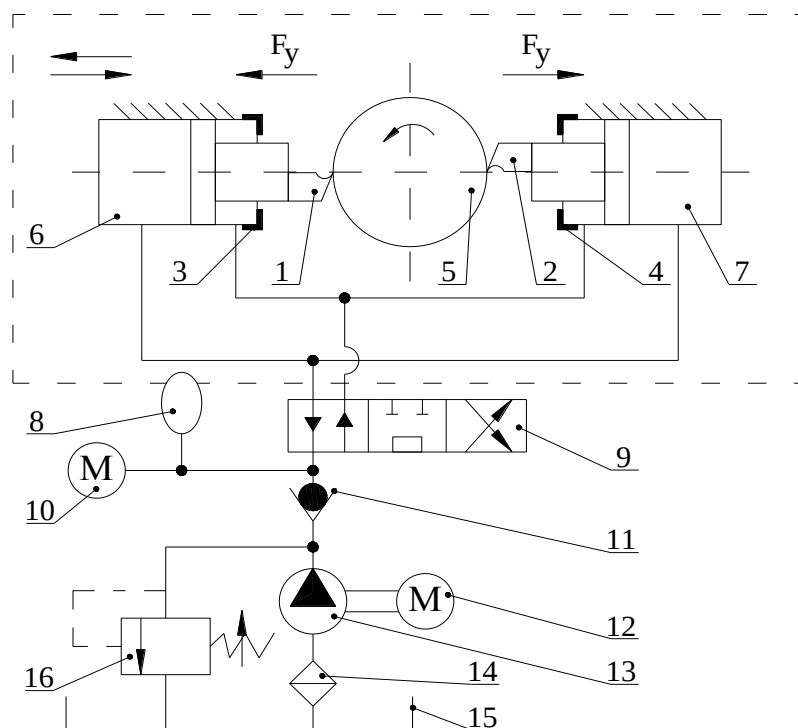
Фиг.2. Схема със завъртащ режещ блок
а – с един плаващ блок; б – с два плаващи блока

Принципът на действие на хидравличен плаващ блок с ограничено “плаване” е илюстриран чрез схемата показана на фиг.3.

В работно положение разпределителят 9 е в позиция I. Ножовете 1 и 2 са установени на работен размер, фиксирани от ограничителите 3 и 4. При увеличаване на прибавката снемана от единия от ножовете поради нарастване на силата F_y , действаща върху съответното бутало, налягането в съответния хидроцилиндър (6 или 7) нараства. При достигане на стойност по-голяма от усилието прилагано от хидравличната система, се извършва преместване на буталото по посока на действието на силата F_y .

Това води до увеличаване на налягането в другия хидроцилиндър. Неговото преместване, обаче е възпрепятствувано от съответния ограничител 3 или 4. Увеличеното налягане в този случай спомага за повишаване на стабилността на втория нож.

Следователно, при използване на хидравличен плаващ режещ блок, възможността за корекция на стабилността на блока е най-голяма. За осъществяване на това е достатъчно да се настрои подходящо предпазния клапан 16.



Фиг.3. Принципна схема на хидравличен плаващ блок

1, 2 - режещ нож; 3, 4 - ограничител; 5-детайл; 6,7- хидроцилиндър;

8 - акумулатор; 9 – разпределител; 10, 12 - манометър; 11 - обратен клапан; 13 - помпа;
14 - цедка; 15 - резервоар; 16 - предпазен клапан

Предлаганата конструкция има и друго предимство. По сигнал от краен изключвател трипътният разпределител 9 може да бъде включен на подходяща позиция. Позиция III например, дава възможност за отвеждане на ножовете в изходно положение. По такъв начин с този режещ блок могат да се обработват и степенни цилиндрични повърхнини.

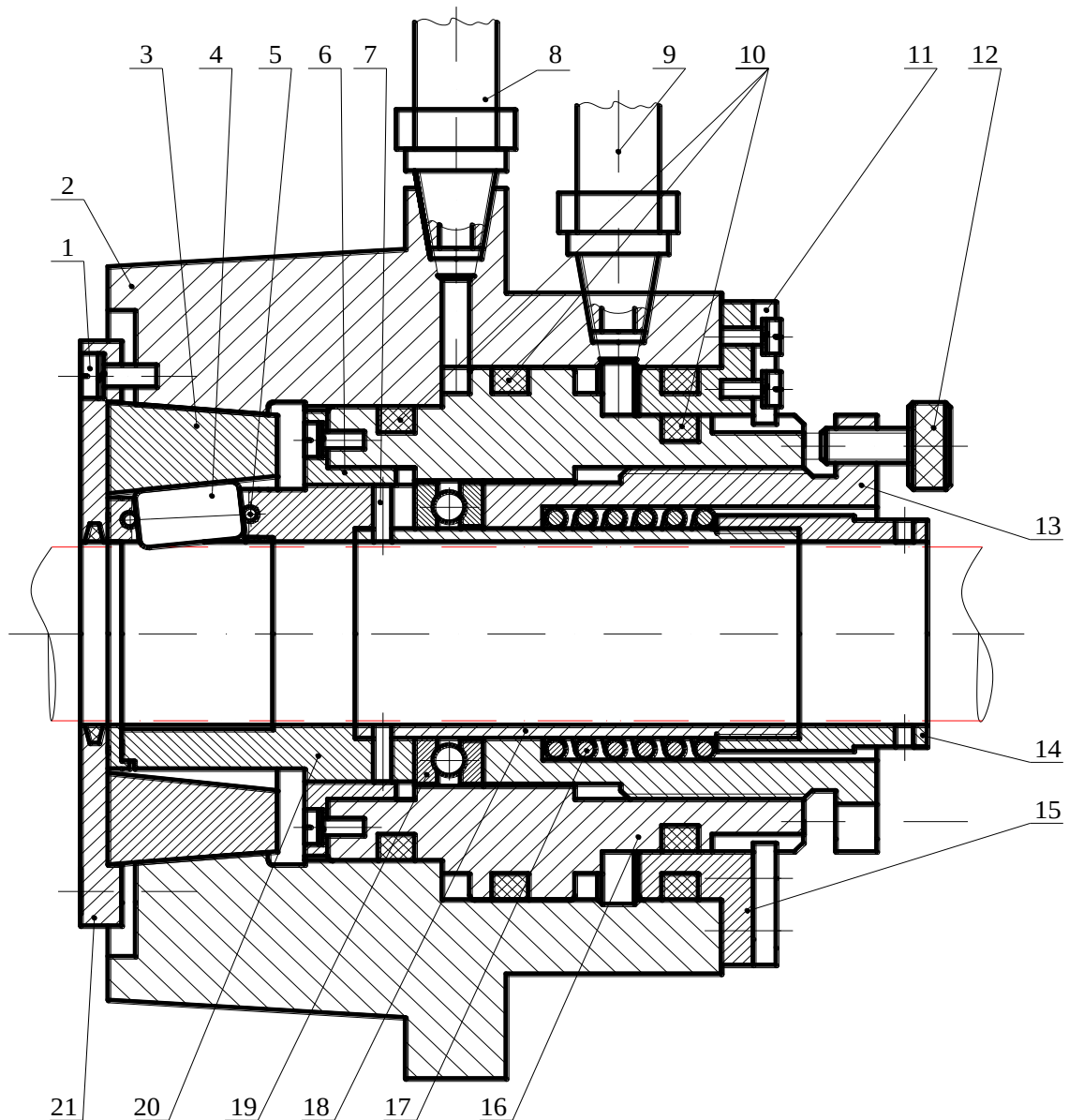
На фиг.4 е показан хидравличен деформиращ модул.

Деформиращият модул се състои от тяло 2, конусни деформиращи ролки 4 (работещи с малкия си диаметър и опиращи в сачмите 5), поместени в сепаратор 20, опорна конусна втулка 3, ограничена от капака 21 посредством болтове 1, втулка водеща 6, щифт 7, щуцери 8 и 10, уплътнения 9, ограничител 11, стопорен болт 12, чаша 13, втулка уплътнителна 15, гайка 14, бутало 16, втулка сепараторна 18, пружина 17, аксиален лагер 19.

Деформиращият модул действа по следния начин:

Освобождава се стопорния болт 12 и чрез завиване или отвиване на чашата 13, сепараторът 20 (посредством аксиалния лагер 19, гайката 14, пружината 17 и втулка сепараторна 18) установява предварително деформиращите ролки 4 на зададения размер. При подаване на масло през щуцера 8, намиращ се на фланцевата част, буталото 16 се придвижва надясно, като предава движението на чашата 13. Тя от своя страна, чрез пружината 17, въздейства върху гайката 14, която е свързана чрез втулка сепараторна 18 със сепаратора 20. Сепараторът 20 изтегля ролките към големия диаметър на конусната втулка и деформиращият модул се връща в изходна позиция.

При подаване на масло под налягане през щуцера 10, буталото 16 се придвижва наляво и чрез чашата 13, аксиалният лагер 19 и сепаратора 20 придвижва конусните ролки до зададеното положение.



Фиг.4. Хидравличен деформиращ модул

Подаването на маслото през кой да е от двата щуцера се командва чрез разпределителя на хидравличната система, а големината на налягането и от там големината на деформиращата сила, се регулират от предпазно-преливния клапан на системата.

ИЗВОДИ

Предлаганата конструкция има възможността да работи като инструмент за ППД с еластично действие. Това се реализира чрез промяна на налягането и може да се избира в зависимост от конкретните технологични изисквания към детайлите.

REFERENCES

Kostadinov V. S. (2001). Ob upravlenii protsessom rezaniia pri kombinirovannoii obrabotke pri pomoshtr PPD. Litva, Vilnus: Nauchnom periodicheskom izdaniia "AGRICULTURAL ENGINEERING", 2001. Костадинов, В.С. Об управлении процессом резания при комбинированной обработке при помощи ППД. Литва, Вильнюс: Научном периодическом издании "AGRICULTURAL ENGINEERING", 2001.

Kostadinov V. S., & Kostadinov S. V. (2001). Samotsentrirasht se instrument za obrabotvane chrez PPD. Sliven: Sb. "Izvestia" na Saiuza na uchenite, t. III, 2001, ISSN 1311-2864. (Костадинов В. С., Костадинов С. В. Самоцентриращ се инструмент за обработване чрез ППД. Сливен, Сб. „Известия“ на Съюза на учените, т. III, 2001, ISSN 1311-2864.)

Kostadinov V. S., Filev I. A., Gonevski K. S., (1986). Vazmojnosti za osiguryavane na tochnostta pri kombiniranoto obrabotvane chrez PPD. Ruse, Nauchni trudove na VTU, t.XXVIII, 1986. (Костадинов В. С., Филев И. А., Гонеvски Н. С., (1986). Възможности за осигуряване на точността при комбинираното обработване чрез ППД. Русе, Научни трудове на ВТУ, XXVIII, 1986.)

Grigorov V.I., Karshakov M. K. & Kostadinov S. V., (2004). Osobenosti ns shemnrite variant za kombinirano obrabotvane na gladki valove, obusloveni ot razpolojenieto rejeshti elementi s pravolineiyni rejeshti rabove v plavashtiia blok. Ruse: Nauchni trudove na RU "Angel Kanchev", t.XXXXI, s. 139-146, ISSN 1311-3321. (Григоров В. И., Кършаков М. К., & Костадинов С. В., (2004). Особености на схемните варианти за комбинирано обработване на гладки валове, обусловени от разположението режещи елементи с праволинейни режещи рабове в плаващия блок. Русе: Научни трудове на РУ "Ангел Кънчев", т. XXXXI, с. 139-146, ISSN 1311-3321)

Karshakov M. K., Grigorov V. I. & Kostadinov S. V., (2009). Vliyanie na trieneto pri plazgane varhu povedenieto na plavasht rejesht blok. Varna: Izdatelstvo TU-Varna, Sb. Mehanika na mashinite, br. 6, kn. 2, s. 60-63, ISSN 1312-8612. (Кършаков М. К, Григоров, Костадинов С. В. (2009). Влияние на триенето при плъзгане върху поведението на плаващ режещ блок със значими еластични двойства. Варна: Издателство ТУ-Варна, Сб. Механика на машините, бр. 6, кн. 2, с. 60-63, ISSN 1312-8612.)

Kostadinov V. S., (2007). Instrument dlya poverhnostnogo lasticheskogo deformirvaniia s radialnoy podachei . Moskva: MGTU "STANKIN" , "Proizvodstvo. Tehnologiiia. Ekologiiia. Sbornik nauchnah trudov № 10, s. 681-685, ISBN 978-5-8037-0394-5. (Костадинов В. С. (2007 а) Инструмент для поверхностного пластического деформирования с радиальной подачей. Москва: МГТУ „СТАНКИН“, „Производство. Технология. Экология.“, Сборник научных трудов №10, 2007, с.681-685, ISBN 978-5-8037-0394-5.)

Kostadinov V. S. & Karshakov M. K., (2007). Otnositelno sil rezaniia pri kombinirovannai obrabotke. Moskva: Sb. Nauchnai trudov MGTU"Stankin", "Proizvodstvo. Tehnolgiia. Ekologiiia. № 10, s.686-690, ISBN 978-58037-0394-5. (Костадинов В. С, Кършаков М. К., (2007). Относително сил резания при комбинированной обработке. Москва: Сб. Научных трудов МГТУ „Станкин“, „Производство. Технология. Экология.“, №10, 2007, с.686-690, ISBN 978-5-8037-0394-5.)

Karshakov M. K., N. A. Georgieva (2008). Dynamics of the mobile two-skiring block in the holes cutting. The Sixth International Scientific Conference, MECHANICS 2008, Rzeszow, June, 2008, p.p.145-150, ISSN 0209-2689.

Karshakov M. K., (2009). Researching the behavior of movable two-cutter blocks in case of skiving apertures. Kaunas, MECHANIKA-2009, No 3, Technologija, pp. 62-67, ISSN 1392-1207.

Karshakov M. (2008). Parameters of cutting layers whith turning by roun cutting inserts. The The Sixth International Scientific Conference, MECHANICS 2008, Rzeszow, June, 2008, p.p.151-160, ISSN 0209-2689.

Kostadinov V. & M.Karshakov, (2008). Processing of the grooves through surface plastic deformation. Mechanics 2008, Proceedings of the international Scientific Conference, Poland, Rzeszów, pp.181-184, ISSN 0209-2689

Karshakov M. & V. Kostadinov (2009). About cutting forces for skiving by a movable two-blade block. Kaunas, MECHANIKA-2009 № 4, Technologija, pp. 75 – 80, ISSN 1392-1207.

Kostadinov V. S. (1986). Kam kinematika na insjrumet za PPD s konusni deformirashti rolki. Ruse, Nauchni trudove na VTU “Angel Kanchev”, t. XXVI, s. 299-303, ISSN 0205-3322. (*Костадинов В. С. Към кинематиката на инструмент за повърхностно пластично деформиране с конусни деформиращи ролки и радиално подаване. Научни трудове на ВТУ, Русе, т. XXVI, с. 299-303, ISSN 0205-3322*).

SPECIAL FEATURES OF THE SURFACE PLASTIC DEFORMATION PLASTIC DEFORMATION TOOLS

Konstantin Radkovski – Student

Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering
University of Ruse“Angel Kanchev”
Tel.: +359 886 554157
E-mail: koko0505@abv.bg

Elena Nikolova – Student

Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering
University of Ruse“Angel Kanchev”
Tel.: +359 895 683304
E-mail: ajamal_96@mal.bg

Asst. Prof. Pavel Petrov, PhD

Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering
University of Ruse“Angel Kanchev”
Phone: 082-888 474
E-mail: ppetrov@uni-ruse.bg

Abstract: *The schemes of tools for Surface Plastic Deformation (SPD) in processing holes is the most spread method in the processing engineering. Rotation rolls (balls, cone-shape or spherical rolls) are being used as deforming elements. They deform through axial feeding, rolling over the processed surface. There are two main groups of tools – “Tools operating with axial feeding” and “Tools with radial feeding“. The main feature of the tools with axial feeding is the helical character of the trajectory of the deforming elements on the processed surface. These tools have some disadvantages which could be avoided by using the tools with radial feeding, the tools with periodical radial feeding and the tools with dynamic work.*

Key words: *surface plastic deformation (SPD), axial feeding, radial and periodical radial feeding, dynamic work.*

INTRODUCTION

Surface Plastic Deformation (SPD) is a heavy-duty method for finishing processing of details. It provides a combination of geometrical and physical characteristics of the quality of the working surfaces, which has a great impact on their exploitational properties [2, 3, 5, 7, 8, 12, 15]. There are plenty of other advantages, which motivate the wider spread of SPD, and also the necessity of its improvement and appropriate applying. In most of these cases, the deforming elements are rotating bodies applying their deformation effect, rolling on the machined surface. Deforming elements are also used which are a guide-smoothing elements with prismatic shape operating at a sliding friction on the machined surface [1, 4, 6, 13, 14].

Combined tools combining the cutting and SPD are also being used at machining of internal cylindrical surfaces [13]. The cutting can be performed either by boring [10] or by tools for deep drilling [10].

Depending on the properties of the contact determining the scheme of kinetic interaction between the technology system elements, there are two kinds of tools [4, 5, 6, 10, 11].

ANALYSIS

Tools operating by schemes corresponding to those for processing through cutting, are known as “Tools operating by axial feeding” (Fig.1, a). This group has been used since the earliest stages of application. It helped the creation of a great number of constructive variants of tools, operating by forces axial feeding or by feeding themselves [6, 7]. A basic characteristic of the tools by axial

feeding is the helical character of the trajectory of the deforming elements on the processed surface. It takes a guaranteed recovering of the generant, which length is equal to the length of the contact zone. The reason for that is the short length of the deforming elements (balls, cone-shape or spherical rolls). It is known that pressure doesn't divide equally in the zone [9, 10]. Its maximum value and the ones near it, determining the primary effect of the deforming impact, include a section long around one third of the length of the generant. This means that at 50% recovering of the generants, there will be sections of the surface with varying degrees of deformation alternate with each other on the processed surface. This results in different values of the quality parameters. The reducing of this nonhomogeneity requires working with low feeding but it usually is economically unprofitable and in practice we usually use several times greater feeding. However, the increase of the feeding goes together with an increase in the nonhomogeneity of the quality of the processed surface. The increase of the number of the deforming elements reduces the negative consequences of this disadvantage but it cannot remove it completely – the greater number of the deforming elements makes the instrumental equipment more expensive and puts limitations related to the diameter of the processed holes. There are some defects characteristic to the tools with axial feeding [10, 12, 14]:

- limited application for short holes with high requirements for accuracy, resulting from a too high increase of the share of the so called “extreme effect” (an increase of the diameter of the hole in close proximity to the breaks of its surface);
- these tools cannot be used for processing of holes which have unlocked contour and diameter less than 25mm in length
- these tools have limited possibilities for correcting of the accuracy of the form of the holes because of the short length of contact of the deforming elements and the processed surface;
- the productiveness is limited by the possibilities for increasing of the axial feeding.

In the other group – “Tools without axial feeding” – most of the indicated defects are overcome. Their basic characteristic feature is that the length of the contact zone between the deforming rollers and the surface of the hole is equal to the length of the generant of the processed cylindrical surface. This is a precondition for realization of heavy-duty finishing processing. The group of the tools without axial feeding includes the tools with radial feeding, with periodical radial feeding and with dynamic work [9, 10].

The tools with radial feeding (Fig.1, b) use long conical rolls as deforming elements. Their characteristic features are: their productivity is considerably higher than the tools with axial feeding; the time for processing doesn't depend on the hole length; the extreme effect is inconsiderable; the kinematics of the process is simpler (there is not axial feeding of the rolls); there is the possibility of processing with high accuracy and processing of interrupted surfaces [9].

The negative aspects of these tools are caused by the conical form of the deforming rolls [10, 11]. The conditions at which the deforming effect on the processed surface is going are unequal, this caused by the difference of the diameters in the separate radial sections of the rolls sliding along the whole length of the contact zone and the change of its width. The gradient of the change of these conditions is as higher, as greater is the angle of the cone of the deforming rolls. The indicated unequal conditions determine not-homogeneity in the quality along the length of the processed surfaces.

The deforming elements of the tools with periodical radial feeding (Fig.1, c) are cylindrical rolls [10]. The use of such rolls leads to elimination of the defects related to the not-homogeneity in the quality of the processed surfaces. There are other characteristic features of the tools with periodical radial feeding, namely:

- there isn't relation between the diameter and the length of the processed holes – this makes them applicable in wide field of diameters (from 10 to 200mm);

- they have simple, reliable and technological construction, which allows them to be used for various metal cutting machines (universal-, special-, automatic-, multi-purpose and other machines).

The tools with dynamic work (Fig.1, d) have cylindrical deforming rolls [3]. Their main feature is the short period of the contact action between the rolls and the processing surface. This results in effects that allow processing of details for which the use of other kinds of SPD tools is not possible because of the little stability of the walls of the details.

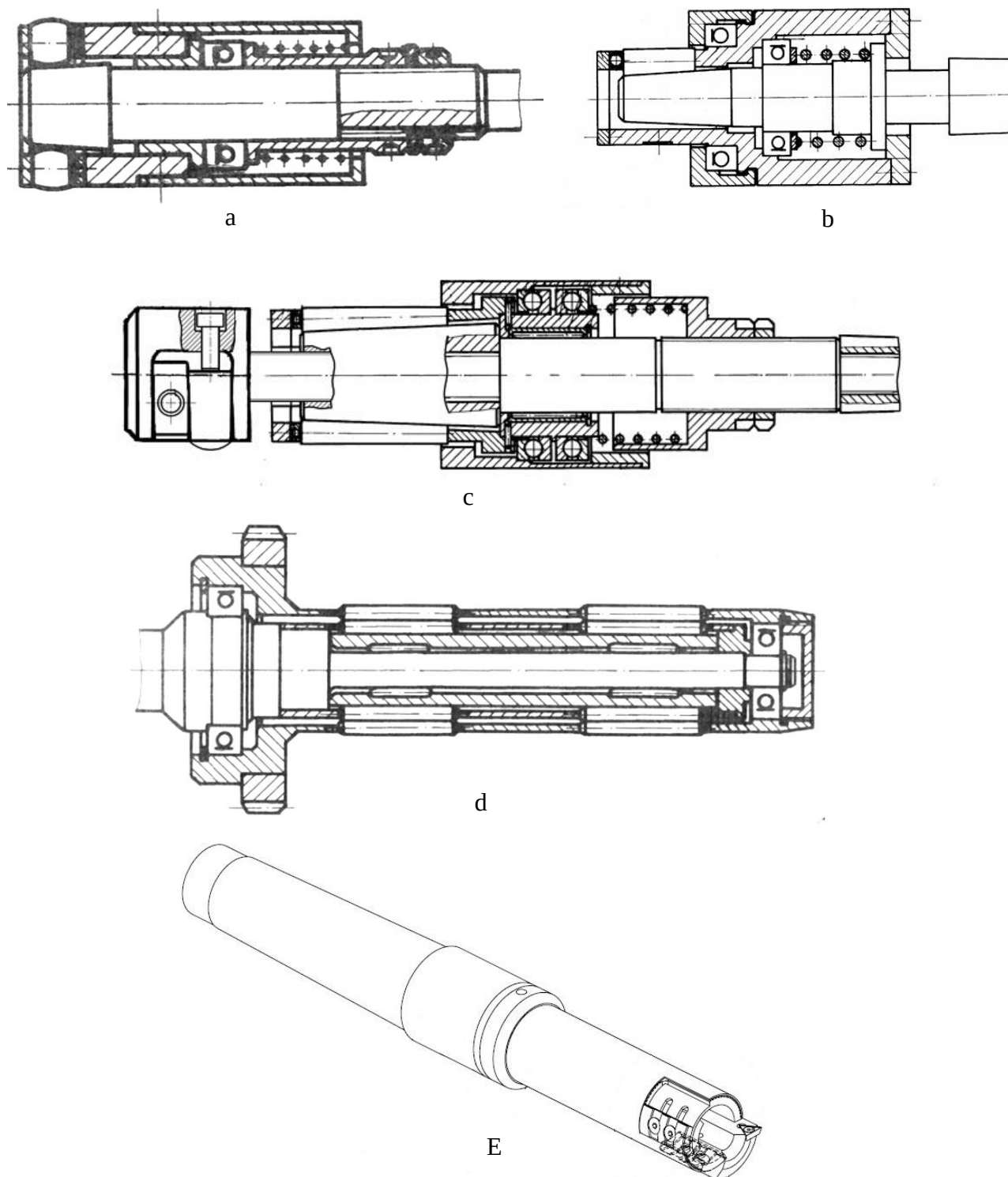
The particular constructive variant provides coordinated rotary motion of two concentric separators, in which there have been placed respectively percussive and deforming rolls. The separators rotate at different angular speeds, therefore:

- they create preconditions for control of the process of forming of the secondary longitudinal ruggedness. That gives the desired parameters of the quality of the processed surfaces;
- by means of regulation of the frequency of rotation of the separator of the percussion rolls it is possible to create effects typical for the tools with elastic work.

The indicated characteristics of the varieties of holes processing tools and of the processes realized through them lead us to make the following considerations related to their field of application:

- the processing of interrupted cylindrical surfaces requires the use of tools at which no axial feeding motion is realized;
- it is expedient to use tools with axial feeding with the length of the holes greater than 260 mm, if the loss of bearing area of the connection must not be higher than 5%;
- the use of tools with radial and periodic radial feeding with of the processed holes over 160mm is approved;
- the possibilities for application of the tools radial feeding are narrow because they depend on the proportion between the length and the diameter of the holes;
- the tools with dynamic work overcome the difficulty in processing thin-walled and unequal-walled details which makes them a successful replacement of the tools with radial and periodic radial feeding;
- the use of the tools with periodic radial feeding and those with dynamic work allows us to achieve much higher homogeneity of the quality of the processed surface, compared to the tools with radial feeding;

- the possibility to control the tools with dynamic work, thus securing equal deforming force, and the possibility the tools with radial feeding to operate as ones with elastic work,



allows us to reach homogeneity of the roughness within a pack of details;

Fig.1 a - Tools operating by axial feeding; b - Tools with radial feeding; c - Tools with periodical radial feeding; d - Tools with dynamic work; e – Combined tool for hole making

- the possibility to regulate the size of the diameter of the tools with axial and radial feeding (within certain limits) allows them to be used for processing of holes with small differences in their nominal diameters;
- if it is possible to use two or more than two kinds of tools, the choice depends on the economic evaluation.

On the basis of the explained considerations it has created an algorithm for the choice of an instrument for SPD. Beside the four shown schemes of tools it is produced a fifth one, related to the use of guide-smoothing elements with prismatic shape (Fig.1, e) [1]. They can be applied for machining of holes with different diameters.

CONCLUSIONS

1. The described properties of the tools with and without axial feeding show that they are sufficiently varying and cover a great range of technical requirements of the processed surfaces. This is a precondition for expanding of the application of the SPD method.
2. The differentiation of these properties requires a strict defining of the fields of independent application of a particular

REFERENCES

1. Avramova T. G., Stefanov G. D., (2018). Combined tools for surface plastic deformation with radial feed, Proceedings of the XXVII International science and technical conference, ADP Sozopol, Vol. 3/224, pp. 48 – 52, Technical University of Sofia, Bulgaria (Sozopol) (in Bulgarian)
2. Grigorov V.I., M.K. Karshakov, S.V. Kostadinov, (2004). Features of the schematic options for the combined processing of smooth shafts, determined by the positioning of the cutting elements with rectilinear cutting edges in the movable cutting block. Scientific papers of "Angel Kanchev" University of Rousse, vol. XXXI, pp. 139-146, ISSN 1311-3321. (in Bulgarian)
3. Karshakov M.K., V.I. Grigorov, S.V. Kostadinov, (2009). Influence of drag friction on the behavior of a floating cutting unit with significant elastic properties. Mechanical Engineering and Mechanics, 6, vol. 2, TU-Varna, pp. 39-42, ISSN 1312-8612. (in Bulgarian)
4. Karshakov M., V. Kostadinov (2009). About cutting forces for skiving by a movable two-blade block. Kaunas, MECHANIKA-2009 № 4, Technologija, pp. 75 – 80, ISSN 1392-1207.
5. Kostadinov V.S., (2002). Combined tool for machining of holes by surface plastic deformation. Kaunas, MECHANINĖ TECHNOLOGIJA XXX, pp.136-139, ISSN 0204-2053. (in Russian)
6. Kostadinov V. (2008). Combined tools for surface plastic deformation with radial feed. Mechanics 2008, Proceedings of the international Scientific Conference, Poland, Rzeszów, pp.185-188, ISSN 0204-2689.
7. Kostadinov V. S. (2007). The processing of electrochemical coatings through surface plastic deformation (SPD). Romania, The 2nd International Conference "Computational Mechanics and Virtual Engineering" COMEC-Brasov, pp.554-559, ISBN 978-973-598-117-4
8. Kostadinov V. S. (2007). About quality and precision of inner tubular surfaces machining by surface plastic deformation. Romania, The 2nd International Conference "Computational Mechanics and Virtual Engineering" COMEC- Brasov, pp.561-556, ISBN 978-973-598-117-4
9. Kostadinov V.S., (2007). Tool for surface plastic deformation with radial feed. Collection of Scientific Works of Moscow State Technological University "Stankin", "Production. Technology. Ecology." №10, Moscow, pp.681-685, ISBN 978-5-8037-0394-5. (in Russian)
10. Kostadinov V., M.Karshakov, (2007). Regarding cutting forces in combination machining. Collection of Scientific Works of Moscow State Technological University "Stankin", "Production. Technology. Ecology." №10, Moscow, pp. 686-690, ISSN 978-5-8037-0394-5. (in Russian)

11. Kostadinov V., M.Karshakov, (2008). Processing of the grooves through surface plastic deformation. Mechanics 2008, Proceedings of the international Scientific Conference, Poland, Rzeszów, pp.181-184, ISSN 0209-2689
12. Kostadinov V.S., S.V.Kostadinov, (2007). Kinematic Analysis of a Self-Centering Tool for the Surface Plastic Flow. Kaunas, MECHANIKA-2007, Technologija, pp.163-167, ISSN 1822-2951.
13. Kostadinov V.S., S. V. Kostadinov, (2003). Concerning the dimensioning of the combined processing with a movable cutting block. "Mechanics of Machines", issue 48, Varna, pp. 74 - 77. ISSN 0861-9727 (in Bulgarian)
14. Kostadinov V.S, S. Kostadinov, G. Dimitrova, (2005). Exploring the behavior of a deformation module from a combined shaft-processing tool. "Mechanics of Machines", issue 55, pp.139-142, Varna, ISSN 0861-9727. (in Bulgarian)
15. Kostadinov S., M. Topalova (2012). About quality and precision of inner tubular surfaces machining by surface plastic deformation. XXVII International scientific conference FIT'2012, AMTECH'2012, pp. 237-240, ISBN 978-954-438-994-9. (in Bulgarian)

◆ **REVIEWERS:**

Prof. Branko Sotirov, PhD,

Prof. Iveli Ivanov, PhD,

Assoc. Prof. Rusi Minev, PhD,

Assoc. Prof. Krasimir Ivanov, PhD,

Assoc. Prof. Boris Sakakushev, PhD,

Assoc. Prof. Rosen Radev, PhD,

Assoc. Prof. Danail Gospodinov, PhD,

Assoc. Prof. Dimitar Dimitrov, PhD

UNIVERSITY OF RUSE „ANGEL KANCHEV“

UNION OF SCIENTISTS - RUSE



**58-TH ANNUAL SCIENTIFIC CONFERENCE
OF UNIVERSITY OF RUSE „ANGEL KANCHEV“
AND UNION OF SCIENTISTS - RUSE**

24-25 OCTOBER 2019

I N V I T A T I O N

**Ruse, 8 Studentska str.
University of Ruse
Bulgaria**

PROCEEDINGS
Volume 57, Series 2.2

Mechanical Engineering and Machine-Building Technologies

Under the general editing of:
Assoc. Prof. Velina Bozduganova, PhD

Editor of Volume 57:
Prof. Diana Antonova, PhD

Bulgarian Nationality
First Edition

Printing format: A5
Number of copies: on-line

ISSN 1311-3321 (print)
ISSN 2535-1028 (CD-ROM)
ISSN 2603-4123 (on-line)

The issue was included in the international ISSN database, available at <https://portal.issn.org/>.
The online edition is registered in the portal ROAD scientific resources online open access



PUBLISHING HOUSE
University of Ruse "Angel Kanchev"