

ISSN 1311-3321

**РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ “Ангел Кънчев”**  
**UNIVERSITY OF RUSE “Angel Kanchev”**

---

**Факултет „Машинно-технологичен”**  
**Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering**

**СБОРНИК ДОКЛАДИ**  
**на**  
**СТУДЕНТСКА НАУЧНА СЕСИЯ – СНС’17**

**СБОРНИК ДОКЛАДОВ**  
**СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУЧНОЙ СЕСИИ – СНС’17**

**PROCEEDINGS**  
**of**  
**the SCIENTIFIC STUDENT SESSION – SSS’17**

**Рyse**  
**Ruse**  
**2017**



ISSN 1311-3321

**РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ “Ангел Кънчев”**  
**UNIVERSITY OF RUSE “Angel Kanchev”**

---

**Факултет „Машинно-технологичен”**  
**Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering**

**СБОРНИК ДОКЛАДИ**  
**на**  
**СТУДЕНТСКА НАУЧНА СЕСИЯ – СНС’17**

**СБОРНИК ДОКЛАДОВ**  
**СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУЧНОЙ СЕСИИ – СНС’17**

**PROCEEDINGS**  
**of**  
**the SCIENTIFIC STUDENT SESSION – SSS’17**

**Русе**  
**Ruse**  
**2017**

Сборникът включва докладите, изнесени на студентската научна сесия **СНС'17**, която е организирана и проведена във факултет „**Машинно-технологичен**” на Русенския университет “Ангел Кънчев”.

Докладите са отпечатани във вида, предоставен от авторите им.

Доклады опубликованы в виде, предоставленном их авторами.

The papers have been printed as presented by the authors.

**ISSN 1311-3321**

**Copyright ©**

- ♦ **СТУДЕНТСКАТА НАУЧНА СЕСИЯ** се организира от **АКАДЕМИЧНОТО РЪКОВОДСТВО** и **СТУДЕНТСКИЯ СЪВЕТ** на **РУСЕНСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ** с цел да се предостави възможност на студенти и докторанти да популяризират основните резултати от своята учебно-изследователска работа и да обменят опит.

- ♦ **ОРГАНИЗАЦИОНЕН КОМИТЕТ**

- **Съпредседатели:**

- проф. д-р Велизара Пенчева – Ректор на Русенския университет

- чл.-кор. проф. д-н Христо Белоев, ДНС – Председател на СУ – Русе и ОС на Русенски университет

- Станимир Бояджиев - Председател на Студентски съвет

- **Научни секретари:**

- проф. д-р Диана Антонова – Зам. ректор НИД

- dantonova@uni-ruse.bg; 082-888 249

- доц. д-р инж. Галина Иванова – Координатор докторанти

- giivanova@uni-ruse.bg; 082-888 855.

- **Членове:**

- Факултет „Аграрно-индустриален”**

- доц. д-р инж. Калоян Стоянов - kes@uni-ruse.bg, 082-888 542;

- Здравко Стоянов - студент ploх@abv.bg, 0883486551

- Факултет „Машинно-технологичен”**

- доц. д-р Велина Боздуганова - velina@uniruse.bg, 082-888 572;

- маг. инж. Виктория Карачорова - vkarachorova@uni-ruse.bg, 082-888 653

- Факултет „Електротехника, електроника и автоматика”**

- доц. д-р Милко Маринов - mmarinov@ecs.uni-ruse.bg , 082 888 356

- Георги Георгиев - jorch123@abv.bg

- Факултет „Транспортен”**

- доц. д-р Симеон Илиев – spi@uni-ruse.bg, 082-888 331;

Салим Куйтов – salimsv1996@gmail.com

**Факултет “Бизнес и мениджмънт”**

доц. д-р Драгомир Илиев – diliev@uni-ruse.bg; 082 888 704

ас. Елизар Станев – eastanev@uni-ruse.bg, 082 888 703

**Факултет „Юридически”**

ас. д-р Ваня Пантелеева - vpantelееva@uni-ruse.bg, тел. 0887412662

**Факултет „Природни науки и образование”**

доц. д-р Юрий Кандиларов - ukandilarov@uni-ruse.bg, 0889 518 824

Слави Георгиев - georgiev.slavi.94@gmail.com

**Факултет „Обществено здраве и здравни грижи”**

Секция „Здравни грижи“

доц. д-р Теодора Недева, дм - tshurbanova@uni-ruse.bg, 0887468695

Кристина Мариянова – студент, 0876134124

Секция „Промоция на здравето и социални дейности“

доц. д-р Ирина Караганова - ikaraganova@uni-ruse.bg, 0884203004

Надежда Колева – студент, 0895859574

**Филиал Разград**

доц. д-р Цветан Димитров - tz\_dimitrow@abv.bg , 0887 631 645

Атанас Атанасов - manager.atanasov@gmail.com , 0893 339 749

**Филиал Силистра**

доц. д-р Галина Лечева - glecheva@uni-ruse.bg; 086 821 521

Катрин Нивелинова - Ladykathrin95@abv.bg

**Докладите са рецензирани.**

**Рецензенти:**

проф. Бранко Душков Сотиров

доц. Красимир Атанасов Иванов

доц. Руси Минев Минев

доц. Борис Борисов Сакакушев

доц. Милко Димитров Енчев

доц. Росен Христов Радев

гл. ас. д-р Светлана Колева Йорданова

гл. ас. д-р Ваня Георгиева Захариева

**С Ъ Д Ъ Р Ж А Н И Е**

|    |                                                                                                                              |    |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. | <b>Изследване на методите за ограничаване на вибрациите при обработване на детайли на металоурежещи машини</b>               | 6  |
|    | автори: Николай Николов, Кристин Илиева, Георги Дудев, Памела Коцева<br>научен ръководител: гл.ас. д-р инж. Димитър Димитров |    |
| 2. | <b>Изследване на точностните характеристики на контактни трикоординатни измервателни глави</b>                               | 13 |
|    | автори: Валентин Михов, Кристин Илиева, Георги Дудев, Памела Коцева<br>научен ръководител: гл.ас. д-р инж. Димитър Димитров  |    |
| 3. | <b>Якостен анализ на стена за спортно катерене</b>                                                                           | 20 |
|    | автори: Иван Цветков, Тасин Билял<br>научен ръководител: гл.ас. д-р Димитър Велчев                                           |    |
| 4. | <b>Изисквания към системите за управление на качеството в автомобилостроенето – IATF 16949</b>                               | 24 |
|    | автор: Кристиан Начев<br>научен ръководител: гл. ас. д-р Цветелин Георгиев                                                   |    |
| 5. | <b>Автоматизирана система за напояване</b>                                                                                   | 38 |
|    | автори: Стоян Стефанов, Илиян Михайлов<br>научен ръководител: инж. Чавдар Костадинов                                         |    |
| 6. | <b>Средства за прецизно земеделие</b>                                                                                        | 43 |
|    | автори: Стоян Стефанов, Илиян Михайлов<br>научен ръководител: инж. Чавдар Костадинов                                         |    |
| 7. | <b>Обект 889</b>                                                                                                             | 52 |
|    | автор: Росица Стоянова<br>научни ръководители: гл. ас. д-р Е. Янков, гл. ас. д-р Мария Николова                              |    |
| 8. | <b>Използване на цифрови технологии за възстановяване на прецизни отливки</b>                                                | 62 |
|    | автор: Людмила Гочева<br>научни ръководители: доц. д-р Руси Минев, гл. ас. д-р Е. Янков                                      |    |
| 9. | <b>Изследване влиянието на ориентацията на модела върху точността на изграждане с помощта на 3D принтер</b>                  | 70 |
|    | автори: Пламен Гочев, Десимир Скорчев<br>научни ръководители: доц. д-р Руси Минев, гл. ас. д-р Е. Янков                      |    |

## Изследване на методите за ограничаване на вибрациите при обработване на детайли на металорежещи машини

Николай Николов, Кристин Илиева, Георги Дудев, Памела Коцева  
научен ръководител: гл.ас. д-р инж. Д. Димитров

**Investigation of the methods for reduction of vibrations in machining metal parts with cutting machines:** The topic of the publication is concentrated in vibrations which occur in some cases of machining parts with cutting machines. The essence of the vibrations is reviewed as well as their origin or their impact on the process of machining. The main known methods against vibrations in the technology system, which consists of the machine itself, the tool for the machining, the supporting appliance and the machined part is reviewed. The advantages and disadvantages of some specific practises in the technology systems for reduction of vibrations are analyzed. It is established that there is lack of publications for effective methods for reducing the vibrations in the part itself. The necessity of developing and practising a method which effectively fights the vibrations in the parts is justified.

**Key words:** Metal cutting, Vibrations, Damping vibrations, Anti vibrations

### ВЪВЕДЕНИЕ

Известно е, че в машиностроителното производство вибрациите са явление, проявяващо се при механично обработване на детайли чрез рязане, в съчетание с недостатъчна стабилност на някой от елементите на технологичната система. Доказано е, че вибрациите имат неблагоприятно влияние върху ефективността на процеса механично обработване на детайли чрез рязане. По отношение на основния показател - качеството влиянието им се изразява във влошаване на грапавостта, а в някои случаи дори на формата и размерите на обработваните повърхнини. На практика при вибрации не е възможно да се работи с оптималните режими на рязане. Същевременно трайността на режещите инструменти се съкращава, поради повишено износване на режещите им ръбове. Друг немаловажен проблем е появата на шум, който замърсява работната среда и влошава условията за работа [7÷13]. Борбата с вибрациите, възникващи при механично обработване чрез рязане е обект на множество научни изследвания и предлагане на различни практически решения от страна на производителите на технологично и инструментално оборудване [15÷19]. Всички те се характеризират с ограничени възможности по отношение на ефективността и универсалността. В същото време потребителите не разполагат с критерии за подходяща оценка, сравнение и методика или препоръки за избор на решение.

### ИЗЛОЖЕНИЕ

**Същност на вибрациите.** Прието е процесът на разпространение на трептенето в дадено вещество или поле да се нарича вълна, или вълнов процес. Всички видове вълни могат да се характеризират с изменение на една физична величина, която се разпространява в пространството [14].

В зависимост от характера на възникващите еластични деформации вълните биват надлъжни и напречни. При надлъжните вълни частиците на средата трептят по направление, в което се разпространяват вълните. При напречните вълни частиците на средата трептят в направление, което е перпендикулярно на разпространението на вълните. При твърдите тела напречните вълни са свързани с напречните деформации, които възникват (плъзгане, усукване и огъване).

Интервалът от време, през който се повтарят стойностите на величините, характеризиращи едно трептене, се нарича период. Означава се с „Т“ и се измерва в секунди. За един период се извършва едно пълно трептене. Броят на пълните

трептения за единица време се нарича честота. Означава се с „f“ и се измерва с единици херц [Hz], „1Hz=1s<sup>-1</sup>“. Честотата на трептене е свързана с периода чрез съотношението „f=1/T“.

Амплитудата на вълната „A<sub>0</sub>“ определя максималната стойност на величината „x“, която по същност представлява моментната стойност на величината и се определя чрез следните функции:

$$x(t) = A_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0),$$

$$x(t) = A_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0),$$

където „t“ е времето, „ω<sub>0</sub>“ е кръгова (циклична) честота и е постоянна величина. Аргументът „ω<sub>0</sub>t + φ<sub>0</sub> = Φ(t)“ е фазата на трептенето, в началния момент от време „t=0“ фазата е „Φ(0) = φ<sub>0</sub>“ и се нарича начална фаза.

Амплитудата на трептенето „A<sub>0</sub>“ и неговата начална фаза „φ<sub>0</sub>“ зависят от началните условия – разстоянието, на което сме отклонили тялото от равновесното му положение, и момента от време, в който сме го пуснали (аналогия от пружинно махало). Големината на амплитудата може да бъде различна в зависимост от енергията, която сме придали на тялото, извеждайки го от състоянието на равновесие „x=0“ (т.е. на покой). В отсъствие на сили на съпротивление в средата, в която трепти тялото, както и на външни въздействия върху него, енергията и амплитудата му ще се запазват постоянни с времето. Такива трептения се наричат собствени. Честотата „ω<sub>0</sub>“ на трептящото тяло зависи от свойствата на самата система – от коефициента на еластичност „k“ и от масата „m“ на тялото. Нарича се собствена честота на незатихващо трептене.

**Затихващи и принудени трептения.** В една реална трептяща система действат и силите на триене, за това трептенията, които се извършват в нея, след известно време се преустановяват. По тези причини те се наричат затихващи. Ако в такава система в подходящи моменти се внесе енергия отвън, която да компенсира загубите, дължащи се на силите на триене, съпротивление и др., трептенията могат да се превърнат от затихващи в незатихващи, наречени принудени трептения. Те се предизвикват от действието на външни периодични сили върху системата и се наричат още несвободни трептения.

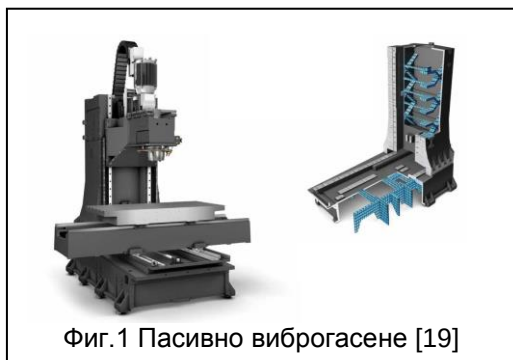
**Влияние на трептенията върху механичното обработване.** Установено е, че трептенията на технологичната система оказват негативно влияние върху процеса рязане. За изясняване на протичащите процеси в научната литература се разглеждат идеализирани теоретични модели. С тях обаче е невъзможно да се обхванат многото частни случаи. Многовариантността се поражда от различията по отношение на стабилността на технологичната система, начина на установяване на заготовката, вида на режещия инструмент и неговата геометрия, стратегиите и режимите на рязане, и особено по вида и стойността на амплитудата на вълните на появилите се трептения, дължащи се на несъвършенствата по технологичната система.

Трептенията пряко влияят и променят характера на процеса рязане, за който при разглеждане на теоретичен модел обикновено се приема, че заготовката е статична, а върху нея действа движещ (въртящ) се инструмент с определен брой режещи ръбове или обратното - статичен инструмент и движещ (въртящ) се детайл. Появилите се трептения променят изходното условие на процеса. Заготовката или съответно инструментът вече не следва да се разглеждат като статичен елемент, а като динамичен. Тази динамика в частност трудно може да се моделира, предвиди и компенсирана, което води до пораждаване на неблагоприятен ефект. Този ефект е във функция на честотата и амплитудата на вълните на трептенето на технологичната система. В резултат размерът на появилите се микро- и макро-грапавини, вдлъбнатини и изпъкналости са в някаква степен пропорционални на гореописаните характеристики на вълните. В някои случаи смущаването на процеса може дори да предизвика рязко изместване на предварителните настройки на технологичната



система и да доведе до размерно отклонение или несъответствие с желаната форма. Следователно може да се приеме, че трептенията всъщност водят до отклонение от траекторията на подавателното движение, напр. праволинейността. Вследствие възникват и колебания в натоварването на инструмента, което пък води до микро еластични деформации, а понякога и до значими такива. Причината е променливия характер на натоварване, което в някои случаи може да се изразява и в удари на режещия ръб с обработваната повърхност. Такова поведение на инструмента ускорява значително процеса на износване и дори разрушаване на режещите му ръбове.

**Методи за ограничаване на негативното въздействие на вибрациите при механично обработване чрез рязане.** Съществуват различни подходи за борба с вибрациите. Превантивните мерки се изразяват в подходящи конструктивни решения по технологичната система: машина – приспособление – инструмент – заготовка. за недопускането им. Друг основен подход е прилагане на гасене на вече възникнали вибрации. Изборът най-често зависи и отчита наличните условия и предпоставки, които в крайна сметка се свеждат до себестойност, производителност, надеждност и др.



Фиг.1 Пасивно виброгасене [19]

**Машина.** Борбата с вибрациите чрез металоурежещата машина и фундамента се осъществява на етапа конструиране и изработване. Мерките се планират и осъществяват от производителя. Условно те могат да се разделят на две групи.

В първата група са мерките, чрез които виброгасенето условно може да се определи като пасивно. Така например при проектирането на фундамента за машината може да се предвиди вибрационно поглъщащ слой. Относно конструирането на корпуса на машината често се използват тежки чугунени отливки, които имат способността да абсорбират и гасят вибрациите, възникнали по време на работа. Друг подход, базиран на метода на крайните елементи и програмните продукти, помагачи за сложните изчисления, дава възможност за конструиране на подходящи форми на корпусите със специфично разположени ребрени (фиг.1). Този дизайн има за цел постигане на оптимум между маса, здравина, виброустойчивост и себестойност. Напоследък все по-често за корпуси се използват метални заварени конструкции, които се характеризират с високата си надеждност, сравнително ниската си цена и малката си маса. Този тип конструкции обаче имат ниска способност за поглъщане на вибрациите.

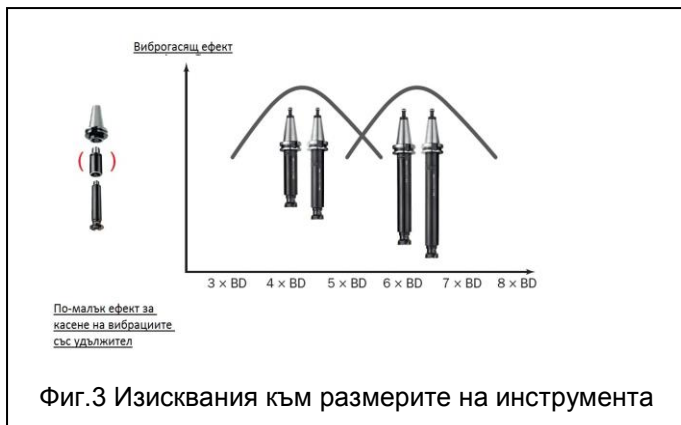


Фиг.2 Активно виброгасене

Втората група мерки са тези, при които виброгасенето може да се определи като активно. Подходящо е за прилагане на машини със заварени конструкции. Това е сравнително нов подход, при който в машината се вграждат активни виброгасители. Те са част от адаптивна система, която с помощта на датчици, разположени на определени места по машината следи за възникване на вибрации и в отговор генерира вибрации в противофаза с помощта на виброгенератори (фиг.2). Този метод е гъвкав, лесен за боравене на потребителско ниво и с широк спектър на приложение. Съществен проблем е, че вграждане на такава адаптивна система е затруднено във вече изработена машина, тъй като конструктивно тя не е предвидена за тази цел. За

съжаление себестойността на вгражданата техника оказва значително влияние и върху крайната стойност на машината. Генераторите на вибрации е невъзможно да бъдат премествани и обикновено са отдалечени от зоната на рязане, което намалява ефективността им. Целенасочено генерираните вибрации неизбежно оказват и някакво влияние върху детайлите и възлите на машината, която може и да е негативно [1÷6]. Тези недостатъци за сега ограничават масовизирането на метода.

**Режещ инструмент.** Инструментът е основен елемент от технологичната система, който може да бъде подбиран и променян в зависимост от икономическата целесъобразност. При единично и дребносериенно производство възможността за



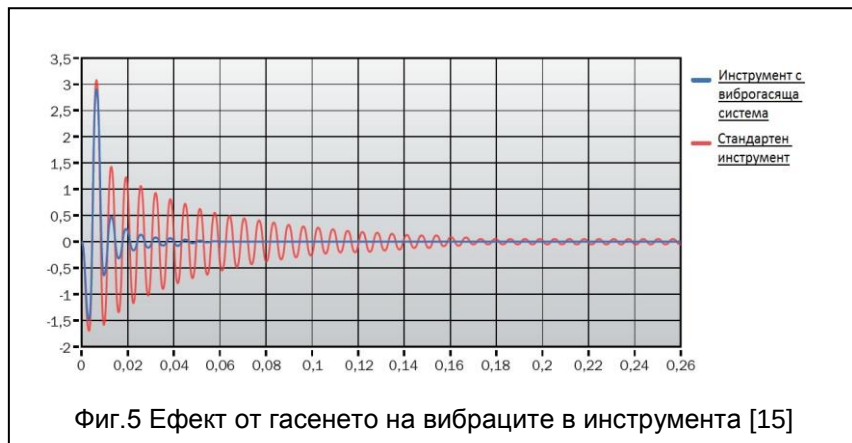
избор на най-подходящ инструмент често остава на заден план, поради наличието на вече закупени и годни такива. Съответно снабдяването с нови и по-съвършени, но по-скъпи режещи инструменти в такива случаи по правило се счита за неоправдано. От гледна точка на предпоставките за възникване на вибрации, свързано с инструмента се препоръчва той да е монолитен или с минимум съставни части и да има габарити в рамките на допустимо съотношение (фиг.3).

Масата на инструмента като цяло и в частност тази на върха му също е от значение за поява на трептене по време на работа. Това е важно особено при ротационни фрезови инструменти. Подобно на производителите на металоурежещи машини



компаниите, производители на режещи инструменти, са в основата на множество изследвания и разработки. До този момент в употреба са вече няколко поколения инструменти (разстъргващи щанги) и адаптори за фрезование, пробиване и разстъргване, чийто принцип на работа е общ. Техните тела са кухи, в тях е разположен механизъм за поглъщане на вибрации. На фиг.4 той се състои от тежест, прихваната от гумен елемент, действащ като пружина, потопени в маслена среда. При наличие на вибрации,

принудителното трептене се предава на режещия инструмент, чиято описана по-горе сърцевина започва да вибрира, но поради силите на триене, вибрациите започват да се гасят (фиг.5), а енергията им бива преобразувана в топлинна.



Недостатък на този подход е високата себестойност на подобни инструменти. В същото време гъвкавостта и универсалността им е ограничена. Това от една страна се дължи на различните фирмени стандарти за съставните им части, а от друга – на размерните диапазони.

Друг подход се прилага при фрезовите инструменти. Съвременните материали



Фиг.6 Специална конструкция на фреза

за режещите ръбове, покрития, геометрия и технологии за производството им дава много добри резултати по отношение на намаляване на склонността им към вибрации. При фрезите напоследък това се постига и чрез непериферично разположени челни режещи ръбове в комбинация с променлив ъгъл на спиралата, на страничните режещи ръбове. Несиметричните зъби

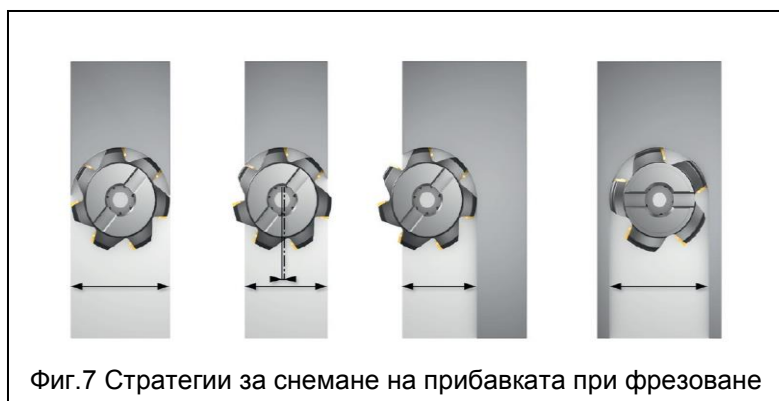
и променливият ъгъл на спиралата предотвратяват или намаляват вибрациите на места, където по-рано това е било невъзможно, например при обработката на детайли с тънки стени или в дъното на дълбоки отвори.

**Приспособление.** Приспособленията имат за основна цел да осигурят правилна ориентация и неподвижност на заготовката при обработването ѝ. Освен това има изискване за постигане на по-малко подготвително - заключително време, т.е. по-лесно и по-бързо установяване (базиране, центроване, закрепване) на заготовката. При обработване на нестабилни заготовки в условия на единично или дребносериенно производство ограничаването на склонността им към вибрации чрез допълнителни зареповащи елементи не винаги е възможно или достатъчно ефективно.

**Заготовка.** В много случаи изработването на даден детайл или изделие се извършва по задание на възложителя [5,12]. В такива случаи промени от страна на изпълнителя относно материала на заготовката, на габаритите или конструкцията на изделието са общо взето невъзможни. При такива ограничения обработването на нестабилна и имаща склонност към вибрации заготовка се превръща в сериозно предизвикателство. Възможностите се изчерпват с прилагане на редуцирани режими на рязане и допълнително укрепване на самата заготовка. Последното се прилага само ако е възможно и допустимо.

**Режими и стратегии на рязане.** Корекцията на режимите на рязане е може би най-често прилаган метод за борба с вибрациите. Същината му е в принципа на пробата и грешката и аналогията с подобни ситуации. Най-често режимите биват намалени, което води до намалена производителност [4,13] и повишена себестойност. Въпреки това поради своята универсалност този метод е предпочитан в много случаи, макар и да е в пряка зависимост от субективния фактор.

Стратегията за отнемане на необходимия слой метал при различни по тип и



Фиг.7 Стратегии за снемане на прибавката при фрезозане

размери повърхнини оказва влияние на големината на силите на рязане, съответно на предпоставките за вибрации. Това е онагледено с примера на фиг.7, свързан с разположение на инструмента спрямо прибавката. При необходимост от цялостно фрезозане на повърхнина не е желателно врязване на инструмента по целия му диаметър.

Препоръчително е врязване с около 60-70% от размера му, а ако се налага направа на канал, то тогава е препоръчително избирането на инструмент с по-малко на брой режещи ръбове. При обработване на повърхнина с ширина, по-малка от диаметъра на инструмента, е препоръчително минимално изместване от оста на симетрия на

тази повърхнина в посока, обратна на посоката на въртене.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въз основа на проучването и направения анализ може да се формулират следните изводи за разгледаните методи за борба с вибрациите:

- Повечето методи имат висока себестойност или увеличават разходите;
- Имат недостатъчна или ограничена гъвкавост и универсалност;
- Често липсват данни за степента на ефективността им;
- С проучването не са установени ефективни методи за борба с вибрациите чрез заготовката.
- Необходимо е да се изследват възможностите за прилагане на други подходи за борба с вибрациите чрез заготовката

### ЛИТЕРАТУРА

[1] Димитров Д., В. Карачорова. Нискобюджетна система за управление на параметри от точността и надеждността при обработващи центри, НК на РУ и СУ - 2012, Русе, Механика и машиностроителни технологии, Русе, 2012. стр.93-98

[2] Димитров Д., В. Карачорова. Изследване на случайната грешка при едномерно и двумерно позициониране на обработващ център, НК на РУ и СУ - 2012, Русе, Механика и машиностроителни технологии, Русе, 2012., стр.109-113

[3] Димитров Д., 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, Русе, 2013, стр.52-56

[4] Димитров Д., Н. Малчев. Унификация на технологичните процеси при широка номенклатура на производството на едрогабаритни тънкостенни детайли. Научна конференция на Русенския университет и Съюза на учените в България - клон Русе 2015, Русе, 2015, стр. 179-183

[5] Димитров Д., И. Георгиев. Разработване на концепция на металорежеща машина за обработване на тънкостенни едрогабаритни детайли, Научна конференция на Русенския университет и Съюза на учените в България - клон Русе 2015, Русе, 2015, стр. 171-174

[6] Dimitrov D., T. Szecsi. 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

[7] Dimitrov D. COMPENSATION OF SYSTEMATIC ERRORS OF 3D TOUCH PROBE USING A TOUCH SIGNAL.// International Journal - Institute of Knowledge Management, 2016, No 13.1, pp. 349-354, ISSN ISSN 1857-92

[8] Dimitrov D. ANALYSIS OF ACCURACY OF COORDINATE MEASUREMENTS WITH 3D TOUCH PROBE OF MACHINING CENTERS.// International Journal - Institute of Knowledge Management, 2016, No 13.1, pp. 321-326, ISSN ISSN 1857-92.

[9] Dimitrov, D., Karachorova, V., Szecsi, T. Accuracy and reliability control of machining operations on machining centres.// Key Engineering Materials, 2014, No Volume 615, pp. 32-38, ISSN 1013-9826

[10] Dimitrov D. 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 ISSN 1857-92.

[11] Dimitrov D., Karachorova V., Nenov G., 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, стр. 118-120, ISSN PRINT1313-026, ISSN WEB 1314-507X.

[12] Dimitrov D., Geotgiev I., Karachorova V., 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 PRINT1313-026, ISSN WEB 1314-507X

[13] Dimitrov D., Malchev N., Karachorova V., Research the accuracy of the group approach for rapid determination cost of the MACHINING product, International journal for science, technics and innovations for the industry, 2017, брой 3, стр. 121-122, ISSN PRINT1313-026, ISSN WEB 1314-507X.

[14] Основи на физиката 1-ва и 2-ра част – Ваня Михайлова

[15] [http://www.sandvik.coromant.com/en-us/products/silent\\_tools](http://www.sandvik.coromant.com/en-us/products/silent_tools)

[16] <http://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/technical%20guides/en-gb/c-2920-23.pdf>

[17] <http://www.danobatgroup.com/en/innovation/dynamics-and-control>

[18] <http://www.vibrationmountsindia.com/CNC-vibration-isolation.html>

[19] VERTICAL MACHINING CENTERS HAAS

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

#### За контакти:

Маг. инж. Николай Николов, [agsux@abv.bg](mailto:agsux@abv.bg)

Гл ас. д-р Димитър Димитров, кат. ТММРМ, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 653, e-mail: [ddimitrov@uni-ruse.bg](mailto:ddimitrov@uni-ruse.bg)

Докладът е рецензиран.





## Изследване на точностните характеристики на контактни трикоординатни измервателни глави

Валентин Михов, Кристин Илиева, Георги Дудев, Памела Коцева  
научен ръководител: гл.ас. д-р инж. Д. Димитров

**Examination of the punctuality characteristics of contact three-coordinate trigger probe:** In the publication there are researches of the accuracy of different types of 3D touch probes presented. It is known that the touch probes that work with the method of kinematic resistance generate accidental and system error. The size and fluctuation of the system error makes difficulties for measuring with machining centres. The installation of additional sensors in the 3D touch trigger probe reduces the system error but higher requirements for the work conditions appear. In many cases these requirements cannot be accomplished for measuring in the working area. The necessity of more suitable 3D touch trigger probe for measuring in the working area is justified.

**Key words:** Coordinate measuring, 3D trigger touch probe, punctuality/accuracy/precision

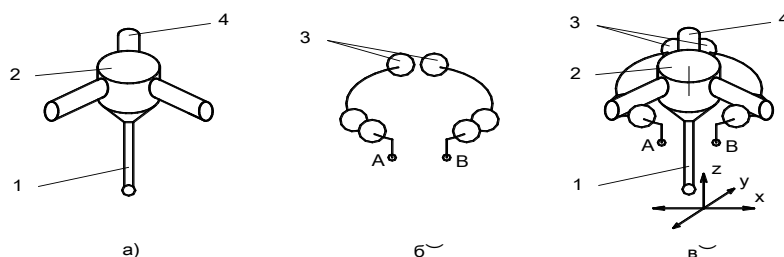
### ВЪВЕДЕНИЕ

В съвременното машиностроително производство важно място и значителен дял в осъществяването на технологични процеси при условията на широкономен-клатурно средно и дребносерийно, а в редица случаи и при единично производство имат ММ с ЦПУ. В същото време за решаване на някои съпътстващи технологични и други контролно-измервателни задачи се е утвърдило използването на ММ с ЦПУ като координатно-измервателни машини [8-12]. Това се отнася главно за фрезовите и за многооперационните машини от пробивно-фрезови тип с ЦПУ, известни като обработващи центри (ОЦ). За целта се създава измервателна система [1,3], включваща следните елементи: металоуреждаща машина с ЦПУ; измервателен преобразувател (датчик); интерфейс; измервателни програми. В случая точността на измерване с такава система зависи от големината на получаваната сумарна грешка  $\varepsilon_{\Sigma_{\text{изм}}}$  [2,4,5,6], със следните три съставни: -  $\Delta\Sigma$  е систематичната постоянна грешка,  $g\Sigma$  е систематичната закономерна грешка, а  $\omega\Sigma$  – полето на случайната грешка. Всяка от съставните, от своя страна, може да се разглежда като сума от аналогични по характер грешки, формирани от влиянието на всички елементи на системата за координатни измервания. [10,13,14,15,]

Обект на настоящото изследване са грешките, породени от измервателния преобразувател (датчика).

### ИЗЛОЖЕНИЕ

В ролята на датчик най-често се използват контактни трикоординатни измервателни глави (ТИГ) тип „тригер“ или 3D touch trigger probe, реализиращи вътрешен електрически ключ, и прилагащи т.нар. кинематична съпротивителна



Фиг. 1. Базираща и електроконтактна система на ТИГ с кинематична съпротивителна схема

схема на работа. Принципно устройство и начин на работа на този вид ТИГ може да се изясни с помощта на фиг.1. Измервателният крайник (1) е закрепен към подвижното тяло (2). То, от своя страна, е базирано чрез трите ролки (4) към три двойки сачми (3),

които са неподвижно закрепени. В случая на подвижното тяло са отнети шестте степени на свобода. На елементите 1, 2 и 4 се осигурява относително неподвижно състояние, благодарение на пружина (не е показана на фигурата), която притиска ролките 4 към базовите сачми 3. Трите ролки и шестте сачми са свързани в обща електрическа верига АВ, в която шестте базови точки между тях играят ролята на последователно свързани нормално затворени ключове. При измерване на крайникът 1 се премества, което предизвиква нарушаване на базирането в някоя от шестте точки и прекъсване на ел. верига. Последното се използва за сигнал, указващ на ЦПУ на машината, че е осъществено измерване.

Като основен показател за точността на ТИГ от водещите производители [17,18,19] се посочва т.нар. неточност при повторяемост на еднопосочно измерване. В рекламни проспекти и паспортни данни е прието тя да се изразява чрез полето на случайната грешка с доверителен интервал  $\omega_{\text{ТИГ}} = \pm\sigma = 2\sigma$  и вероятност  $P=68.27\%$  за попадане на измерената стойност в зададените граници. В табл.1 са представени такива стойности на случайната грешка на ТИГ, взети от техническите данни предоставени от производителите.

Таблица1

| ПРОИЗВОДИТЕЛ, МОДЕЛ на ТИГ                  | ПОЛЕ НА СЛУЧАЙНА ГРЕШКА - $2\sigma, [\mu\text{m}]$ |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| RENISHAW - MP1, MP3, MP10                   | 1                                                  |
| HAIDENHEIN – TS220, 941, 941, 932           | 1                                                  |
| BIG DAISHOWA–POINT MASTER PRO PMP, PMG, PMC | 1                                                  |
| TESA                                        | 1,5                                                |
| CENTROID                                    | 2,5                                                |
| HEXAGON                                     | 1                                                  |
| MARPOSS - OP32, OP32E, TP25, TP37           | 1                                                  |
| FOWLER P1-5A                                | 1                                                  |
| ZEISS (piezo)                               | 0,3÷0,4                                            |
| BLUM (optical) - TC94, TC93, TC94, TC94     | 0,4                                                |

(Последните два модела ZEISS (piezo) и BLUM (optical) не използват КСС!)

За практическо приложение на данните при измерване обаче е необходимо да се използват по-големи граници на доверителния интервал. Съгласно стандарта [1,2,10] в такива случаи се препоръчва да се работи с доверителен интервал  $4\sigma$  ( $\pm 2\sigma$ ) и вероятност  $P=95.45\%$  за попадане на измерваната величина в зададените граници. При необходимост от по-висока прецизност може да се работи с доверителен интервал  $6\sigma$  ( $\pm 3\sigma$ ) и съответна вероятност  $P=99.73\%$ . В такъв случай следва, че при съответните препоръчани доверителни интервали за поле на грешката може да се запише:

$\omega_{\text{ТИГ}} = \pm 2\sigma$  (при  $P=95.45\%$ ) или дори:

$\omega_{\text{ТИГ}} = \pm 3\sigma$  (при  $P=99.73\%$ )

Следователно, въз основа на изброените данни за случайната грешка от повторяемост на ТИГ, може да се приеме средна стойност на грешката:

$$\omega_{\text{ТИГ}} = 2.5 \div 3 \mu\text{m}$$

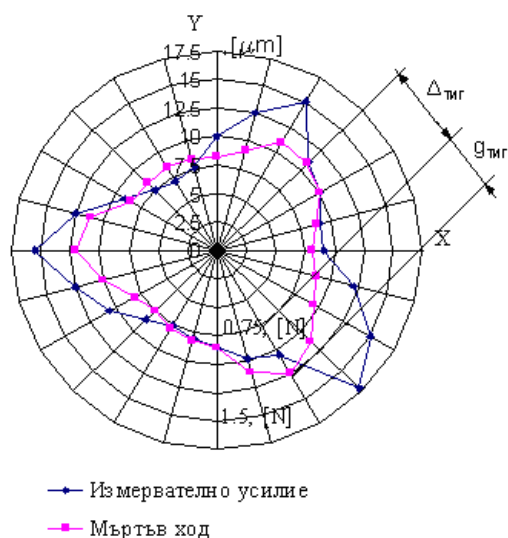
Освен със случайна грешка обаче ТИГ участва в общата грешка при измерване също и със:

- систематична постоянна ( $\Delta_{\text{ТИГ}}$ ) и
- систематична закономерна грешка ( $g_{\text{ТИГ}}$ ).

При това, по данни на производителите, потвърдени и от направени експериментални изследвания ТИГ, работещи на принципа на кинематичната съпротивителна система, генерират значителна по стойност постоянна и закономерна грешка. По този проблем са открити множество публикации [1-16], в които се представят изследвания на ТИГ с КСС.

Установено е, че систематичните грешки при контактни измервания са причина за възникването на т.нар. зона на нечувствителност (мъртъв ход). Тя представлява изминатия път от ТИГ от момента на докосване на осезателя с измервания обект до момента на прекъсване на вътрешната контактна система. Дължи се на обстоятелството, че сигналът за измерване се генерира със закъснение спрямо момента на докосване.

Следователно идеалният вариант за осигуряване точността на ТИГ би бил ако изобщо не възниква зона на нечувствителност. Или ако има такава, то тя да е породена само от систематична постоянна грешка (еднаква грешка във всички посоки) и да няма закономерна съставна. В пространството такава зона на



Фиг. 2 Измервателно усилие и зона на нечувствителност на ТИГ с КСС

нечувствителност би била със сферична форма, а при измерване в равнината XY тя трябва да е с форма на окръжност. В действителност всички ТИГ, използващи КСС имат различни от идеалните характеристики. На фиг.2 е представен графично [17] типичен пример за такава реална характеристика на ТИГ. Тя е получена като резултантна от сумата на двете систематични ( $\Delta_{\text{тиг}} + g_{\text{тиг}}$ ) при експериментално изследване от фирмата – производител на КСС ТИГ (в случая на RENISHAW MP3).

Кръглограмата на фиг. 2 е получена при измерване в равнината ХУ под различен ъгъл на задействане на ТИГ. Точките в графиката са изчислените среди на получените

полета на разсейване при многократни еднопосочни измервания във всяка посока. Графиката, свързваща означените с квадрати точки, загражда площ с приблизително “триъгълна” форма, определяща зоната на нечувствителност (мъртвия ход) в работата на ТИГ. Както се вижда формата на зоната значително се отличава от желаната (идеалната) – кръгла. Това е предпоставка за получаване на различна по големина систематична грешка при осъществяване на разнопосочни и особено на срещупосочни измервания, каквито са голяма част от измерванията на ОЦ.

От формата, разположението и големината на графиката може да се обособят и отчетат стойностите на двете съставни на зоната на нечувствителност:

За постоянната грешка на измервателната глава:

$$\Delta_{\text{ТИГ}} = 7.5\mu\text{m}$$

и за закономерно променливата грешка:

$$g_{\text{ТИГ}} = 5 \text{ } \mu\text{m}$$

Последните две стават причина за възникване на значителен дял неопределеност от около 6µm при измерване с МРЗ.

Един от възможните изходи за преодоляване на проблемите, произтичащи от наличието на мъртъв ход е чрез прилагане на т.нар. калибриране. По този начин могат да се въведат компенсации на мъртвия ход при получаване на резултата от измерването, но недостатък на подхода са, че е необходимо да са предварително известни очакваните посоки на измерванията, а също и ограничените възможности на ММ с ЦПУ да съхранява данни за компенсация и разходът на време за чести калибрирания.



Някои фирми са насочили своите усилия за намиране на решение на проблема чрез конструктивни подобрения и изменения в принципа на работа на ТИГ.

### Измервателни глави с тензодатчик

При тях се използва свойството на тензодатчиците да променят електросъпротивлението си при деформация. Те се закрепват на подходящи места в базиращата система и са съставна част от генериращата управляващ сигнал ел. верига на ТИГ.



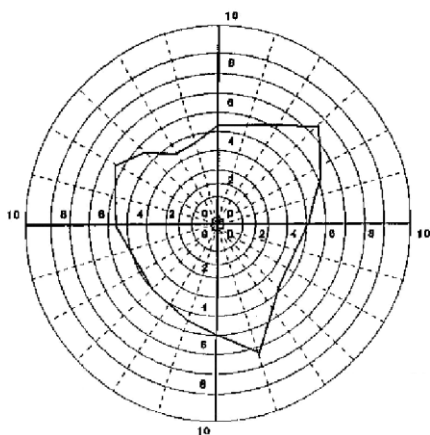
Фиг.3 ТИГ с тензосензори

В случая във вътрешността на измервателната глава са монтирани четири тензодатчика. Три датчика са предвидени по един за всяка от осите на преместване X, Y и Z. Четвъртият е за осъществяване на габаритен контрол на ТИГ и за компенсиране на евентуално възникващите топлинни деформации. Чрез пружината в такава измервателна глава се задава няколко пъти по-голяма стойност на измервателната сила в сравнение с необходимата за работа с КСС. По този начин характеристиката на измервателното усилие се променя, така че дори и минималните му стойности да са по-големи от необходимите

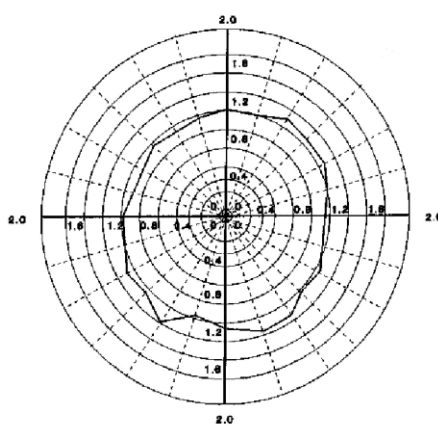
за надеждно генериране на сигнал от тензодатчика. Такова решение е реализирано в конструкцията на RENISHAW T93M [2], както е показано на фиг. 3.

При сравняване на графично представените резултати на мъртвия ход на измервателна глава, модел TP7M с тензодатчици (фиг. 4.2) и на глава с кинематично съпротивителна система, модел TP6 (фиг. 4.1) в равнината XY се вижда, че при модела, използващ тензодатчици е постигнато намаляване на систематичната закономерна на грешката около десет пъти, а силата при измерване е сравнително уеднаквена във всички посоки.

Ограничение при използване на ТИГ с тензодатчици е, че негативно влияние на



Фиг.4.1 ТИГ кинематично-  
съпротивителна TP6 XY=3,28  $\mu\text{m}$ .



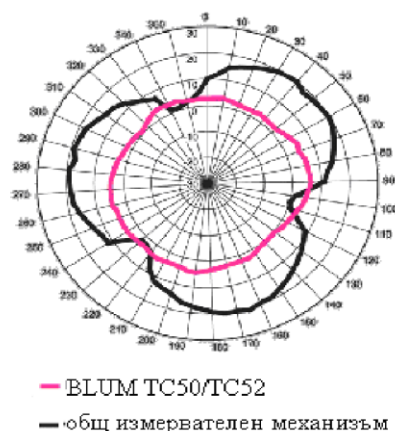
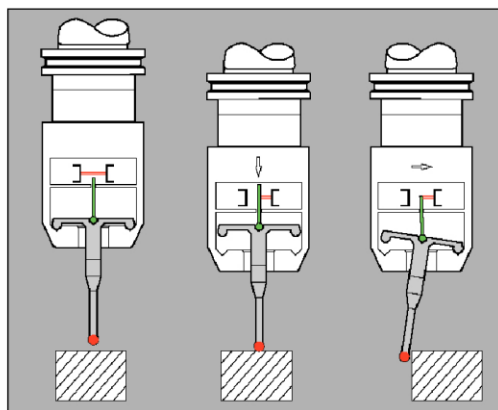
Фиг.4.2 ТИГ с тензометър TP7M

точността оказва колебанието на температурата на средата, водещо до изменение на електросъпротивителните характеристики на тензодатчиците.

Друг проблем е необходимостта от голяма измервателна сила, с която се натоварва накрайника и измервания обект, дори и след минимално подминаване на точката на контакт (в равнината XY - 0.94N, и за Z – 11.93N).

### Измервателни глави с оптична система

За генериране на измервателен сигнал в такива ТИГ се използват различни видове фоточувствителни елементи и прецизни оптични системи, които могат да регистрират минимални механични премествания.



Фиг. 5 - ТИГ BLUM с оптична система

Чрез качествено нови оптоелектронни елементи (фиг.5) в моделите TC94/94 на BLUM, според производителя, се осигуряват сравнително постоянни стойности на мъртвия ход при измервания с докосвания във всички посоки на равнината XY.

### Измервателни глави с пиезосензори

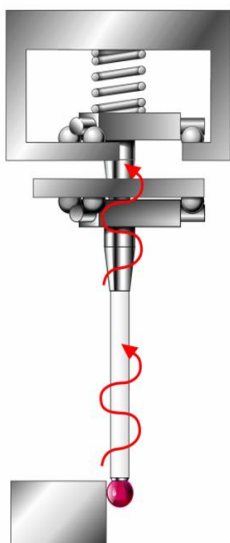
Използва се свойството на пиезокристалите (пиезосензорите) да генерират електрическо напрежение, когато са подложени на механично въздействие. Съответно измервателната глава с вградени пиезосензори може да регистрира механичните сигнали, генерирани, когато опипвача на крайника докосва детайла с достатъчно голямо измервателно усилие.

Резултатът е, че пиезодатчиците "чуват" докосването на опипвача с повърхнината на детайла (фиг. 6). По данни на RENISHAW за модел TP940 с вградени пиезосензори се постига грешка не по-голяма от  $0.5\mu\text{m}$ .

Освен с високата си точност ТИГ с пиезосензори се характеризират и с някои съпътстващи ги проблеми по отношение на надеждността. Главни причини за недостатъчната надеждност на такава ТИГ при използването им на машини с ЦПУ се дължат на увеличената чувствителност на пиезодатчика към смущения каквито са характерни за работната зона на машината:

- наличие на принудени трептения в зоната на измерване;
- наличие на дори минимално повърхностното замърсяване на детайла и опипвача;

Освен това необходимостта от малък диаметър на сферичния осезател в съчетание с голямата измервателна сила влияе негативно върху големината на възникващите контактни деформации на измерваната повърхнина, които могат да бъдат различни, в някои случаи значителни и, както е известно, зависят от твърдостта ѝ.



Фиг.6. ТИГ с пиезосензор

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение може да се обобщи, че постигането на по-висока точност (близка да идеалната характеристика) на ТИГ в цитираните по-горе конструктивни решения чрез влагане на допълнителни източници на измервателен сигнал е насочено само към въвеждане на подобрения. От характеристиките им става ясно, че грешките им все пак намаляват. Освен това актуалните пазарни цени на модели с допълнителни системи са около три пъти по-високи в сравнение с тези на ТИГ с КСС.

Освен безспорно постигнатите положителни резултати от направените подобрения трябва да се отчете и възникването на някои проблеми, недостатъци и ограничения като по-съществените са:

- по-висока цена на измервателната глава;
- налагане на по-големи ограничения за допустими вибрации;
- стеснени граници за допустими работни температури в зоната на измерване;
- изискване за твърдост на заготовката поради високи стойности на силата в периода на контакт и при задминаването след измерването;
- по-ниска устойчивост и защита на импулсни натоварвания
- по-малък гарантиран период за експлоатация и др.

Всички изброени преимущества и ограничения правят някои от изброените модели по-подходящи за използване на координатно- измервателни машини, но не и за масово приложение на обработващи центри.

## ЛИТЕРАТУРА

[1] Димитров, Д., Трикоординатна измервателна глава, Международна научна конференция АМТЕСН-07, Габрово, 2007, стр. 223-226

[2] Димитров Д., Статичен силов анализ на трикоординатна измервателна глава., Машиностроене и машинознание, 2011, брой 13, стр. 49-51, ISSN 1312-8612

[3] Димитров Д.,В. Карачорова. Нискобюджетна система за управление на параметри от точността и надеждността при обработващи центри, НК на РУ и СУ - 2012, Русе , Механика и машиностроителни технологии, Русе, 2012. стр.93-98

[4] Димитров Д.,В. Карачорова. Изследване на случайната грешка при едномерно и двумерно позициониране на обработващ център, НК на РУ и СУ - 2012, Русе , Механика и машиностроителни технологии, Русе, 2012., стр.109-113

[5] Димитров Д., 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, 2013, Русе, стр.57-60

[6] Димитров Д., 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, Русе, 2013, стр.52-56

[7] Димитров Д.,Н. Малчев. Унификация на технологичните процеси при широка номенклатура на производството на едрогабаритни тънкостенни детайли. Научна конференция на Русенския университет и Съюза на учените в България - клон Русе 2015, Русе, 2015, стр. 179-183

[8] Димитров Д., И. Георгиев. Разработване на концепция на металорежеща машина за обработване на тънкостенни едрогабаритни детайли, Научна конференция на Русенския университет и Съюза на учените в България - клон Русе 2015, Русе, 2015, стр. 171-174

[9] Dimitrov D., T. Szecsi. 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

- [10] Dimitrov D. COMPENSATION OF SYSTEMATIC ERRORS OF 3D TOUCH PROBE USING A TOUCH SIGNAL.// International Journal - Institute of Knowledge Management, 2016, No 13.1, pp. 349-354, ISSN 1857-92
- [11] Dimitrov D. ANALYSIS OF ACCURACY OF COORDINATE MEASUREMENTS WITH 3D TOUCH PROBE OF MACHINING CENTERS.// International Journal - Institute of Knowledge Management, 2016, No 13.1, pp. 321-326, ISSN 1857-92.
- [12] Dimitrov, D., Karachorova, V., Szecsi, T. Accuracy and reliability control of machining operations on machining centres.// Key Engineering Materials, 2014, No Volume 615, pp. 32-38, ISSN 1013-9826
- [13] Dimitrov D. 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.
- [14] Dimitrov D., Karachorova V., Nenov G., 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, стр. 118-120, ISSN PRINT1313-026, ISSN WEB 1314-507X.
- [15] Dimitrov D., Geotgiev I., Karachorova V., 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 PRINT1313-026, ISSN WEB 1314-507X
- [16] Dimitrov D., Malchev N., Karachorova V., research the accuracy of the group approach for rapid determination cost of the MACHINING product, International journal for science, technics and innovations for the industry, 2017, брой 3, стр. 121-122, ISSN PRINT1313-026, ISSN WEB 1314-507X.
- [17] RENISHAW, Touch-trigger probing technology Catalog, 2007;
- [18] Renishaw: Probing systems for coordinate measuring machines, Renishaw plc, United Kingdom, 1996.
- [19] <https://www.blum-novotest.com/en/products/measuring-components/tool-setting-probes.html>
- [20] <http://www.renishaw.com/en/tp7m--7379>

**За контакти:**

Маг. инж. Валентин Михов, e-mail: [mihov2299@gmail.com](mailto:mihov2299@gmail.com)

Гл.ас. д-р инж. Димитър Димитров, кат. ТММРМ, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 653, e-mail: [ddimitrov@uni-ruse.bg](mailto:ddimitrov@uni-ruse.bg)

**Докладът е рецензиран.**

## Якостен анализ на стена за спортно катерене

автори: Иван Цветков, Тасин Билял  
научен ръководител: гл.ас. д-р Димитър Велчев

**Strength Analysis of Artificial Climbing Wall:** An artificial climbing wall is analysed using Finite Element Method and SolidWorks Simulations 2012. The analysis is done using the structural integrity requirements from European Standards for artificial climbing structures.

**Key words:** artificial climbing wall, finite element analysis.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Последните десетилетия спортното катерене намира все по-голяма популярност и нараства броят на практикуващите този спорт. За да се задоволят нуждите на спортистите бяха изградени редица съоръжения, които дават възможност за практикуването на този спорт в зала. Тези съоръжения, направени с голям ентузиазъм и “подръчни средства”, често пъти поставят под въпрос тяхната безопасност при експлоатация. Макар и да съществуват европейски норми регламентиращи изискванията за безопасност на тези съоръжения [1,2], опитът показва, че те не се прилагат на етапа на тяхното проектиране, а в редица случаи дори изобщо липсва каквото и да било проектиране.

Целта на настоящата работа е да се извърши якостен анализ на вече изградена стена за спортно катерене, като се приложат изискванията на европейските норми за носещата способност на конструкцията и съвременни числени методи за анализ.



Фигура 1. Общ вид на стената.

### ИЗЛОЖЕНИЕ

#### 1. Описание на конструкцията

Разгледана е стена за спортно катерене, изградена за нуждите на СК “Академик” при РУ “Ангел Кънчев” (фиг. 1) намираща се в корпус 16. Стената се



състои от тръбни стоманени профили, обикновено използвани за изграждане на строителни скелета, свързани по между си чрез “жабки” (фиг. 2). Към тях чрез болтови съединения са закрепени L – образни профили, към които са захванати плоскости от шперплат (фиг. 2). За последните са монтирани различни по форма и размери захвати, образуващи катерачните маршрути. Осигурителните скоби са монтирани с болтови съединения за L – профилите.



Фигура 2. Конструкция на стената.

## 2. Определяне на натоварванията и въздействията

Изчислителните комбинации за натоварванията и въздействията върху стената са определени съгласно [1,2] :

$$\gamma_G G_k + \gamma_Q Q_{k,1} + \sum \psi_i \gamma_Q Q_{k,i} = S$$

където :

$S$  - ефект от натоварването;

$G_k$  - постоянен товар (собствено тегло на конструкцията);

$Q_k$  - променлив товар (тегло на катерача);

$\gamma_G$  - коефициент на сигурност за постоянни товари;

$\gamma_Q$  - коефициент на сигурност за променливи товари;

$\psi$  - комбиниращ фактор за променливи ефекти;

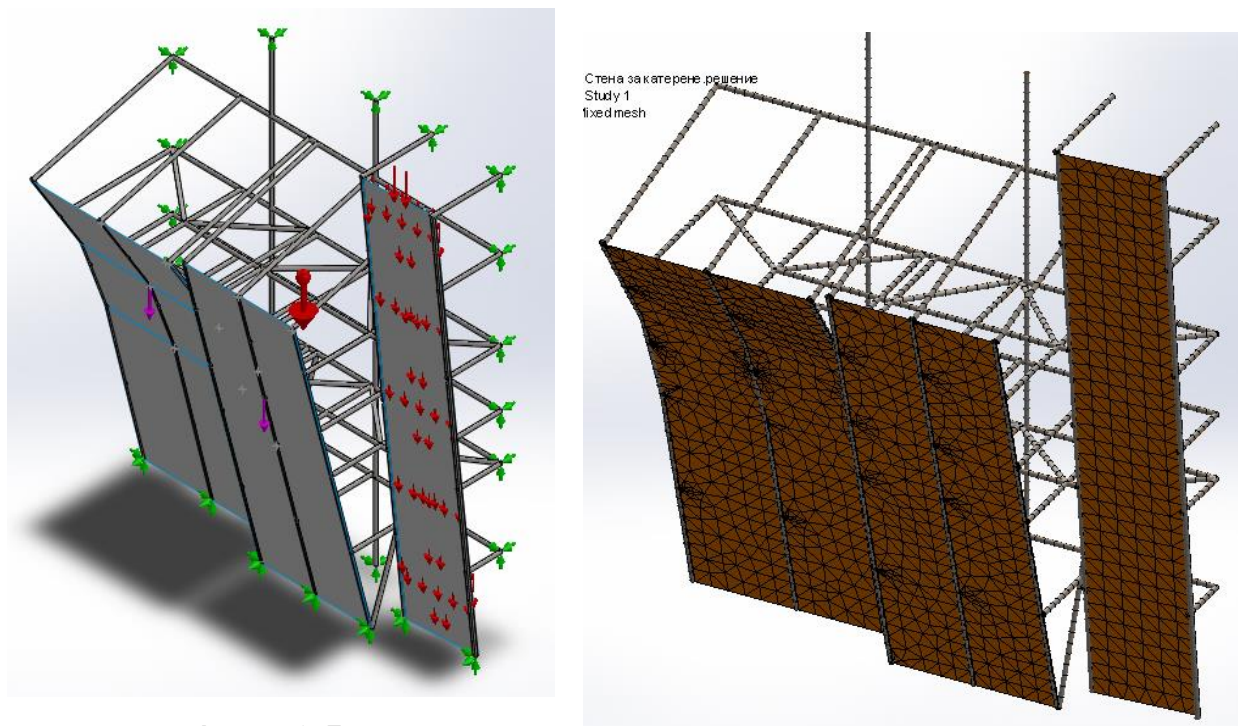
При благоприятно въздействие на натоварването  $\gamma_G = 1,0$   $\gamma_Q = 0$

Собствено тегло на конструкцията  $\gamma_G G_k = 1,35 \cdot 1074 = 1450 \text{ kg} = 14,23 \text{ kN}$

Тегло на катерач  $\gamma_Q Q_{k,1} = 1,5 \cdot 0,8 = 1,2 \text{ kN}$

### 3. Моделиране в метод крайните елементи (МКЕ)

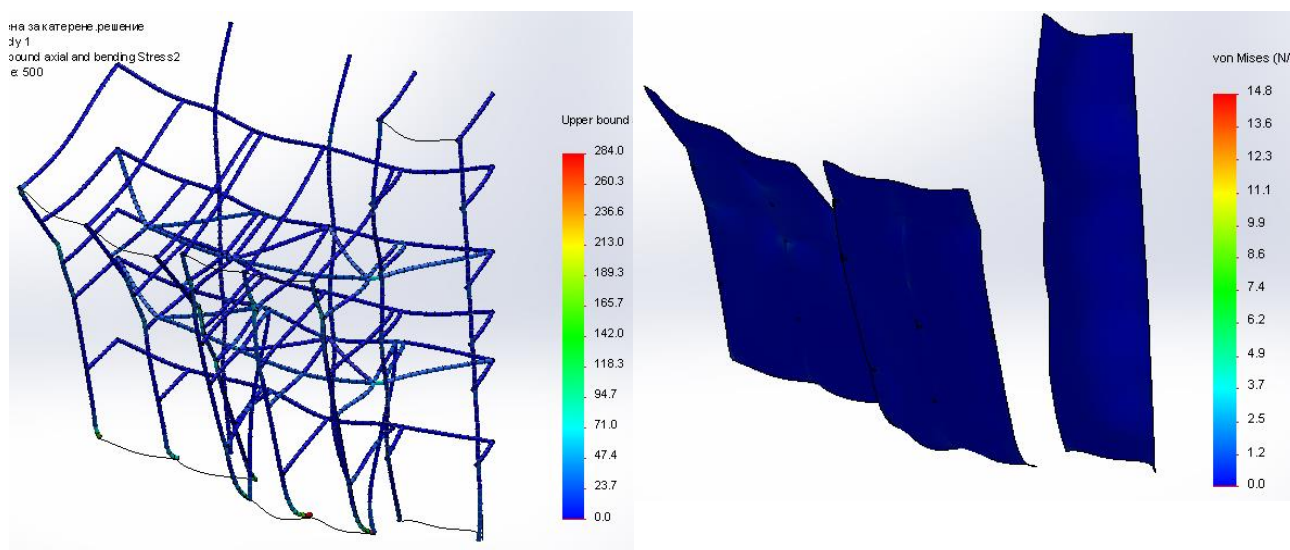
В SolidWorks 2012 е създаден е геометричен модел на конструкцията, като са използвани възможностите за моделиране на заварени конструкции. След това, с помощта на SolidWorks Simulations, този модел е използван за създаване на крайно-елементен модел. Стоманената конструкция е моделирана с гредови елементи, плоскостите от шперплат са моделирани с триъгълни черупкови елементи, а връзката между тях е осъществена чрез специални контактни елементи (фиг. 3). Моделът е закрепен и е приложено възможно най-неблагоприятното натоварване.



Фигура 3. Геометричен модел, натоварване, закрепване и дискретизация.

### 4. Анализ на резултатите

Резултатите от анализа (фиг. 4) показват максимални нормални напрежения в стоманената конструкция **284 MPa** в местата на запъване на колоните, а в останалите области са значително по-ниски. Напреженията в плоскостите са незначителни.



Фигура 4. Напрежения в стоманената конструкция и в плоскостите от шперплат.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От извършеният анализ могат да се направят следните изводи :

- Максималните напрежения, получени при анализа са много близки до допустимите при избрания клас стомана.
- Тези напрежения се получават в локални области близки до закрепването на стената в земята, а в останалите области напреженията са значително по-ниски (около 40 МПа).
- Скелетната конструкция е нерационална.
- Преди изграждането на подобни съоръжения е необходимо да се извършат проектни пресмятания.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] EN 12572-1, Artificial climbing structures – Part1: Safety requirements and test methods for ACS with protection points, CEN 2007.
- [2] EN 12572-2, Artificial climbing structures – Part1: Safety requirements and test methods for bouldering walls, CEN 2007.
- [3] Ц. Стоянов, О. Каравасилев, А. Нанчев, В. Недялков, SolidWorks: Книга за потребителя, ТехноЛогика ЕООД, София, 2006.

### За контакти:

Иван Петров, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Специалност “Строително инженерство”, e-mail:

Тасин Билял, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Специалност “Строително инженерство”, e-mail:

Гл.ас. д-р Димитър Велчев, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Катедра „Техническа механика“, тел.: 082-888 224, e-mail: [dvelchev@uni-ruse.bg](mailto:dvelchev@uni-ruse.bg).

**Докладът е рецензиран.**





## Изисквания към системите за управление на качеството в автомобилостроенето – IATF 16949

Автор: Кристиян Начев

Научен ръководител: гл. ас. д-р Цветелин Георгиев

**Quality management system requirements in the automotive industry – IATF 16949:** *ISO/TS16949 is an ISO technical specification aimed at the development of a quality management system that provides for continual improvement, emphasizing defect prevention and the reduction of variation and waste in the automotive industry supply chain.*

**Key words:** *quality, automotive industry, ISO/TS 16949, IATF 16949*

### Въведение

Стандартът ISO/TS 16949 обединява общи изисквания към системите за управление на качеството в автомобилната промишленост и е създаден на основата на стандарта ISO 9001. ISO/TS 16949 е разработен съвместно с членовете на IATF и заедно с ISO издаден във вид на техническа спецификация, която се прилага към всички звена в производството на автомобили. Създаването на този стандарт се налага поради необходимостта от хармонизиране на системите за управление на качеството в автомобилната промишленост. Наличието на различни организации на автомобилостроителите и техните доставчици в различните страни като VDA (Германия), AIAG (Северна Америка), AVSQ (Италия), FIEV (Франция) и SMMT (Великобритания) води до това, че сертифицирането по изискванията на всяка от тези организации ще доведе до усложнения за производителите. Затова през 1999 година е взето решение стандарта ISO 9001:1994 да се допълни с изисквания за автомобилната промишленост и е издаден първият стандарт ISO/TS16949. По-късно той претърпява няколко промени [8].

### Изложение

Стандартът IATF 16949 е най-разпространеният стандарт в автомобилния сектор. IATF 16949 е съвместна разработка на международната автомобилна група (IATF) и Асоциацията на автомобилните производители (AIAG). Този нов стандарт замества и заменя ISO/TS 16949:2009, определящ изискванията към системи за управление на качеството за организации в автомобилната индустрия. IATF 16949 е съгласуван с най-новата версия на стандарта за управление на качеството ISO 9001:2015, следвайки напълно структура му [4, 5]. IATF 16949 не е самостоятелен стандарт за управление на качеството, а се прилага като допълнение към ISO 9001:2015. Това означава, че една организация в автомобилния сектор, която търси съответствие с IATF 16949, трябва да внедри изискванията и на ISO 9001:2015. За разлика от ISO/TS 16949 и някои други специфични за индустрията стандарти, IATF 16949 не съдържа текст от ISO 9001:2015. Документът съдържа само специфичните за автомобилостроенето допълнителни изисквания. IATF 16949 интегрира много общоприети практики в индустрията, които преди това са били специфични изисквания на клиента. Интегриране на тези общи практики и изисквания на клиента насърчава уеднаквяване в цялата индустрия и има за цел да намали необходимостта от задълбочени специфични изисквания на клиента в тези области. Структурата на стандарта е много сходна със стандартите от серията ISO 9001, но съдържа допълнителни специфични изисквания, относно автомобилостроенето.

IATF 16949 играе съществена роля за осигуряване на изискванията за качество, намалявайки рисковете от грешки в цялото автомобилно производство.

Сертифицирането съгласно IATF 16949 е задължително за организации, които желаят да произвеждат части за автомобилната индустрия. [1, 2, 3, 6]

Табл. 1 Сравнителна таблица между версия 2009 и 2016  
Сравнение между ISO 9001:2015 и ISO 9001:2008  
(IATF 16949:2016 и ISO/TS 16949:2009)  
Корелационна матрица

| ISO 9001:2015 / IATF 16949:2016                                                                   | ISO 9001:2008 / ISO/TS 16949:2009                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Въведение</b>                                                                                  | <b>Въведение</b>                                     |
| 0.1 Общи положения                                                                                | 0.1 Общи положения                                   |
| 0.2 Принципи за управление на качеството                                                          | липсва                                               |
| 0.3 Процесен подход                                                                               | 0.2 Процесен подход                                  |
| 0.3.1 Общи положения                                                                              | 0.2 Процесен подход                                  |
| 0.3.2 Цикъл „Планиране – Изпълнение – Проверка – Действие“                                        | 0.2 Процесен подход                                  |
| 0.3.3 Мислене, основано на риска                                                                  | липсва                                               |
| 0.4 Връзка с другите стандарти за системи за управление                                           | 0.4 Съвместимост с други системи за управление       |
| <b>1 Обект и област на приложение</b>                                                             | <b>1 Обект и област на приложение</b>                |
|                                                                                                   | 1.1 Общи положения                                   |
| <b>1.1 Обект и област на приложение – допълнение към ISO 9001:2015 за автомобилната индустрия</b> | липсва                                               |
| <b>2 Нормативни позовавания</b>                                                                   | <b>2 Нормативни позовавания</b>                      |
| 2.1 Нормативни и информационни позовавания                                                        | <b>2 Нормативни позовавания</b>                      |
| <b>3 Термини и определения</b>                                                                    | <b>3 Термини и определения</b>                       |
| 3.1 Термини и определения за автомобилната индустрия                                              | 3.1 Термини и определения за автомобилната индустрия |
| <b>4 Контекст на организацията</b>                                                                | <b>4 Система за управление на качеството</b>         |
| 4.1 Разбиране на организацията и нейния контекст                                                  | 4 Система за управление на качеството                |
| 4.2 Разбиране на потребностите и очакванията на заинтересованите страни                           | 4 Система за управление на качеството                |
| 4.3 Определяне на обхвата на системата за управление на качеството                                | 1.2 Област на приложение                             |
| 4.3.1 Определяне на обхвата на системата за управление на качеството — допълнение                 | 4.2.2 Наръчник по качеството                         |
| 4.3.2 Конкретни (специфични) изисквания на клиента                                                | 1.1 Общи положения                                   |
| 4.4 Система за управление на качеството и нейните процеси                                         | 1.2 Област на приложение                             |
| 4.4.1                                                                                             | Всички клаузи на стандарта ISO/TS 16949:2009         |
|                                                                                                   | 4 Система за управление на качеството                |
|                                                                                                   | 4.1 Общи изисквания                                  |
|                                                                                                   | липсва                                               |

|                                                                                    |                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4.4.1.1 Съответствие на продукти и процеси                                         | Всички клаузи на стандарта ISO/TS 16949:2009                                              |
| 4.4.1.2 Безопасност на продукта                                                    | 6.4.1 Безопасност на персолана при постигане на съответствието с изискванията за продукта |
| 4.4.2                                                                              | 6.4.1 Безопасност на персолана при постигане на съответствието с изискванията за продукта |
| <b>5 Лидерство</b>                                                                 | <b>5 Отговорност на ръководството</b>                                                     |
| 5.1 Лидерство и ангажираност                                                       | 5.1 Ангажимент на ръководството                                                           |
|                                                                                    | 5.4.2 Планиране на системата за управление на качеството                                  |
| 5.1.1 Общи положения                                                               | 5.1 Ангажимент на ръководството                                                           |
|                                                                                    | 5.4.2 Планиране на системата за управление на качеството                                  |
| 5.1.1.1 Корпоративна отговорност                                                   | липсва                                                                                    |
| 5.1.1.2 Ефективност и ефикасност на процес                                         | 5.1.1 Ефективност на процесите                                                            |
| 5.1.1.3 Собственици на процеси                                                     | липсва                                                                                    |
| 5.1.2 Насоченост към клиента                                                       | 5.2 Насоченост към клиента                                                                |
| 5.2 Политика                                                                       | 5.3 Политика по качеството                                                                |
| 5.2.1 Създаване на политиката по качеството                                        | 5.3 Политика по качеството                                                                |
| 5.2.2 Оповестяване на политиката по качеството                                     | 5.3 Политика по качеството                                                                |
| 5.3 Роли, отговорности и правомощия в организацията                                | 5.5.1 Отговорност и пълномощия                                                            |
|                                                                                    | 5.5.2 Представител на ръководството                                                       |
|                                                                                    | 5.4.2 Планиране на системата за управление на качеството                                  |
| 5.3.1 Роли, отговорности и правомощия в организацията — допълнение                 | 5.5.2.1 Представител на клиента                                                           |
| 5.3.2 Отговорности и правомощия за изискванията към продукта и коригиращи действия | 5.5.1.1 Отговорност по отношение на качеството                                            |
| <b>6 Планиране</b>                                                                 | 5.4.2 Планиране на системата за управление на качеството                                  |
| 6.1 Действия за овладяване на рисковете и възможностите                            | 5.4.2 Планиране на системата за управление на качеството                                  |
|                                                                                    | 8.5.3 Превантивни действия                                                                |
| 6.1.1                                                                              | липсва                                                                                    |
| 6.1.2                                                                              | липсва                                                                                    |
| 6.1.2.1 Анализ на риска                                                            | 5.4.2 Планиране на системата за управление на качеството                                  |
|                                                                                    | 7.2.2.2 Проучване на възможностите за производство от организацията                       |
|                                                                                    | 8.5.3 Превантивни действия                                                                |
| 6.1.2.2 Превантивно действие                                                       | 5.4.2 Планиране на системата за управление на качеството                                  |

|                                                                                               |                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                               | 8.5.3 Превантивни действия                                                                                         |
| 6.1.2.3 <i>Планове за действие при извънредни ситуации</i>                                    | 5.4.2 Планиране на системата за управление на качеството<br>6.3.2 <i>План за действие при извънредни ситуации</i>  |
| 6.2 Цели по качеството и планиране на дейностите за тяхното постигане                         | 8.5.3 Превантивни действия<br>5.4.1 Цели по качеството                                                             |
| 6.2.1                                                                                         | 5.4.1 Цели по качеството                                                                                           |
| 6.2.2                                                                                         | 5.4.1 Цели по качеството                                                                                           |
| 6.2.2.1 <i>Цели по качеството и планиране на дейностите за тяхното постигане — допълнение</i> | 5.4.1.1 <i>Цели по качеството. Допълнение</i>                                                                      |
| 6.3 Планиране на измененията                                                                  | 5.4.2 Планиране на системата за управление на качеството                                                           |
| <b>7 Поддържане</b>                                                                           | <b>6 Управление на ресурсите</b>                                                                                   |
| 7.1 Ресурси                                                                                   | 6 Управление на ресурсите<br>6.1 Осигуряване на ресурси                                                            |
| 7.1.1 Общи положения                                                                          | 6.1 Осигуряване на ресурси                                                                                         |
| 7.1.2 Човешки ресурси                                                                         | 6.2 Човешки ресурси<br>6.2.1 Общи положения                                                                        |
| 7.1.3 Инфраструктура                                                                          | 6.3 Инфраструктура                                                                                                 |
| 7.1.3.1 <i>Планиране на предприятието, производствените помещения и оборудването</i>          | 6.3.1 <i>Планиране на предприятия, помещения, съоръжения и технически средства</i>                                 |
| 7.1.4 Заобикаляща среда за изпълнението на процесите                                          | 6.4 Работна среда                                                                                                  |
| 7.1.4.1 <i>Заобикаляща среда за изпълнението на процесите — допълнение</i>                    | 6.4 Работна среда<br>6.4.2 <i>Чистота на помещенията</i>                                                           |
| 7.1.5 Ресурси за наблюдение и измерване                                                       | 7.6 Управление на техническите средства за наблюдение и измерване                                                  |
| 7.1.5.1 <i>Общи положения</i>                                                                 | 7.6 Управление на техническите средства за наблюдение и измерване                                                  |
| 7.1.5.1.1 <i>Анализ на измервателните системи</i>                                             | 7.6 Управление на техническите средства за наблюдение и измерване<br>7.6.1 <i>Анализ на системата за измерване</i> |
| 7.1.5.2 <i>Проследимост на измерването</i>                                                    | 7.6 Управление на техническите средства за наблюдение и измерване<br>7.6.1 <i>Анализ на системата за измерване</i> |
| 7.1.5.2.1 <i>Записи от калибриране / проверка (верифициране)</i>                              | 7.6 Управление на техническите средства за наблюдение и измерване<br>7.6.2 <i>Записи от калибриране и проверка</i> |
| 7.1.5.3 <i>Изисквания към лабораториите</i>                                                   | 7.6 Управление на техническите средства за наблюдение и измерване<br>7.6.3 <i>Изисквания относно лабораториите</i> |
| 7.1.5.3.1 <i>Вътрешна лаборатория</i>                                                         | 7.6 Управление на техническите средства                                                                            |

|                                                                            |                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                            | за наблюдение и измерване<br><i>7.6.3.1 Вътрешни лаборатории</i>                                                        |
| 7.1.5.3.2 Външна лаборатория                                               | 7.6 Управление на техническите средства за наблюдение и измерване<br><i>7.6.3.2 Външни лаборатории</i>                  |
| 7.1.6 Знания и опит в организацията                                        | липсва                                                                                                                  |
| 7.2 Компетентност                                                          | 6.2.1 Общи положения<br>6.2.2 Компетентност, обучение и осъзнаване                                                      |
| 7.2.1 Компетентност — допълнение                                           | 6.2.1 Общи положения<br>6.2.2 Компетентност, обучение и осъзнаване                                                      |
| 7.2.2 Компетентност — обучение на работното място                          | 6.2.1 Общи положения<br>6.2.2 Компетентност, обучение и осъзнаване<br><i>6.2.2.3 Обучение на работното място</i>        |
| 7.2.3 Компетентност на вътрешните одитори                                  | 6.2.1 Общи положения<br>6.2.2 Компетентност, обучение и осъзнаване<br><i>8.2.2.5 Квалификация на вътрешните одитори</i> |
| 7.2.4 Компетентност на одитори от втора страна                             | 6.2.1 Общи положения<br>6.2.2 Компетентност, обучение и осъзнаване                                                      |
| 7.3 Осъзнаване                                                             | 6.2.2 Компетентност, обучение и осъзнаване                                                                              |
| 7.3.1 Осъзнаване — допълнение                                              | 6.2.2 Компетентност, обучение и осъзнаване<br><i>6.2.2.4 Мотивация и отговорност на персонала</i>                       |
| 7.3.2 Мотивация и упълномощаване (делегиране на пълномощия) на служителите | 6.2.2 Компетентност, обучение и осъзнаване<br><i>6.2.2.4 Мотивация и отговорност на персонала</i>                       |
| 7.4 Обмен на информация                                                    | 5.5.3 Вътрешен обмен на информация                                                                                      |
| 7.5 Документирана информация                                               | 4.2 Изисквания за документацията<br>4.2.3 Управление на документите<br>4.2.4 Управление на записите                     |
| 7.5.1 Общи положения                                                       | 4.2.1 Общи изисквания<br>4.2.3 Управление на документите<br>4.2.4 Управление на записите                                |
| 7.5.1.1 Документация на системата за управление на качеството              | 4.2.3 Управление на документите<br>4.2.4 Управление на записите                                                         |
| 7.5.2 Създаване и актуализиране                                            | 4.2.3 Управление на документите<br>4.2.4 Управление на записите                                                         |
| 7.5.3 Управление на документираната информация                             | 4.2.3 Управление на документите<br>4.2.4 Управление на записите                                                         |
| 7.5.3.1                                                                    | 4.2.3 Управление на документите<br>4.2.4 Управление на записите                                                         |
| 7.5.3.2                                                                    | 4.2.3 Управление на документите<br>4.2.4 Управление на записите                                                         |
| 7.5.3.2.1 Съхраняване на записи                                            | 4.2.3 Управление на документите<br>4.2.4 Управление на записите                                                         |

|                                                                          |                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|                                                                          | 4.2.4.1 Съхраняване на записите                                      |
| 7.5.3.2.2 Инженерни спецификации                                         | 4.2.3.1 Технически спецификации                                      |
| <b>8 Дейности</b>                                                        | <b>7 Създаване на продукта</b>                                       |
| 8.1 Оперативно планиране и управление                                    | 7.1 Планиране на създаването на продукта                             |
| 8.1.1 Оперативно планиране и управление — допълнение                     | 7.1.1 Планиране на създаването на продукта. Допълнение               |
| 8.1.2 Конфиденциалност                                                   | 7.1.3 Опазване на професионалната тайна                              |
| 8.2 Изисквания за продуктите и услугите                                  | 7.2 Процеси, свързани с клиента                                      |
|                                                                          | 7.2.3 Обмен на информация с клиентите                                |
| 8.2.1 Обмен на информация с клиентите                                    | 7.2 Процеси, свързани с клиента                                      |
|                                                                          | 7.2.3 Обмен на информация с клиентите                                |
| 8.2.1.1 Обмен на информация с клиентите — допълнение                     | 7.2.3 Обмен на информация с клиентите                                |
|                                                                          | 7.2.3.1 Обмен на информация с клиентите. Допълнение                  |
| 8.2.2 Определяне на изискванията за продуктите и услугите                | 7.2.1 Определяне на изискванията за продукта                         |
| 8.2.2.1 Определяне на изискванията за продуктите и услугите — допълнение | 7.2.1 Определяне на изискванията за продукта (Забележки 2 и 3)       |
| 8.2.3 Преглед на изискванията за продуктите и услугите                   | 7.2.2 Преглед на изискванията за продукта                            |
| 8.2.3.1                                                                  | 7.2.2 Преглед на изискванията за продукта                            |
| 8.2.3.1.1 Преглед на изискванията за продуктите и услугите — допълнение  | 7.2.2.1 Преглед на изискванията за продукта. Допълнение              |
| 8.2.3.1.2 Специални характеристики, обозначени от клиента                | 7.2.1.1 Идентификация на специалните характеристики на клиента       |
| 8.2.3.1.3 Осъществимост на производството от страна на организацията     | 7.2.2 Преглед на изискванията за продукта                            |
|                                                                          | 7.2.2.2 Проучване на възможностите за производство от организацията  |
| 8.2.3.2                                                                  | 7.2.2.2 Проучване на възможностите за производство от организацията  |
| 8.2.4 Изменения на изискванията за продуктите и услугите                 | 7.2.2 Преглед на изискванията за продукта                            |
| 8.3 Проектиране и разработване на продукти и услуги                      | 7.3 Проектиране и разработване                                       |
| 8.3.1 Общи положения                                                     | 7.3.1 Планиране на проектирането и разработването                    |
| 8.3.1.1 Проектиране и разработване на продукти и услуги — допълнение     | 7.3 Проектиране и разработване (Забележка)                           |
| 8.3.2 Планиране на проектирането и разработването                        | 7.3.1 Планиране на проектирането и разработването                    |
| 8.3.2.1 Планиране на проектирането и разработването — допълнение         | 7.3.1.1 Многофункционален подход                                     |
| 8.3.2.2 Умения за проектиране на продукт                                 | 6.2.2.1 Компетентност при проектирането и разработването на продукта |
| 8.3.2.3 Разработване на продукти с вграден                               | 7.3.1 Планиране на проектирането и                                   |



| <i>софтуер (програмно осигуряване)</i>                                  | разработването                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8.3.3 Входни елементи за проектирането и разработването                 | 7.3.2 Входни елементи на проектирането и разработването                                                                                                                                                                                                  |
| 8.3.3.1 <i>Входни елементи за проектирането на продукта</i>             | 7.3.2 Входни елементи на проектирането и разработването<br>7.3.2.1 <i>Входни елементи на проектирането на продукта</i>                                                                                                                                   |
| 8.3.3.2 <i>Входни елементи за проектиране на производствения процес</i> | 7.3.2 Входни елементи на проектирането и разработването<br>7.3.2.2 <i>Входни елементи при проектирането на производствения процес</i>                                                                                                                    |
| 8.3.3.3 <i>Специални характеристики</i>                                 | 7.3.2 Входни елементи на проектирането и разработването<br>7.3.2.3 <i>Специални характеристики</i>                                                                                                                                                       |
| 8.3.4 Мерки за контрол на проектирането и разработването                | 7.3.4 Преглед на проектирането и разработването<br>7.3.5 Проверка на проектирането и разработването<br>7.3.6 Потвърждаване на проектирането и разработването                                                                                             |
| 8.3.4.1 <i>Наблюдение (мониторинг)</i>                                  | 7.3.4 Преглед на проектирането и разработването<br>7.3.4.1 <i>Наблюдение</i><br>7.3.5 Проверка на проектирането и разработването<br>7.3.6 Потвърждаване на проектирането и разработването                                                                |
| 8.3.4.2 <i>Валидиране на проектирането и разработването</i>             | 7.3.4 Преглед на проектирането и разработването<br>7.3.5 Проверка на проектирането и разработването<br>7.3.6 Потвърждаване на проектирането и разработването<br>7.3.6.1 <i>Потвърждаване/валидиране на проектирането и на разработването. Допълнение</i> |
| 8.3.4.3 <i>Програма на прототипа</i>                                    | 7.3.4 Преглед на проектирането и разработването<br>7.3.5 Проверка на проектирането и разработването<br>7.3.6 Потвърждаване на проектирането и разработването<br>7.3.6.2 <i>Програма за създаване на опитни образци</i>                                   |
| 8.3.4.4 <i>Процес на одобряване на продукта</i>                         | 7.3.4 Преглед на проектирането и разработването<br>7.3.5 Проверка на проектирането и разработването<br>7.3.6 Потвърждаване на проектирането и разработването                                                                                             |

|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                            | 7.3.6.3 Процес на одобряване на продукта                                                                                                                                                     |
| 8.3.5 Изходни елементи от проектирането и разработването                                                                   | 7.3.3 Изходни елементи от проектирането и разработването                                                                                                                                     |
| 8.3.5.1 Изходни елементи от проектирането и разработването — допълнение                                                    | 7.3.3 Изходни елементи от проектирането и разработването<br>7.3.3.1 Изходни елементи от проектирането на продукта. Допълнение                                                                |
| 8.3.5.2 Изходни елементи от проектирането на производствения процес                                                        | 7.3.3 Изходни елементи от проектирането и разработването<br>7.3.3.2 Изходни елементи от проектирането на производствения процес                                                              |
| 8.3.6 Изменения при проектирането и разработването                                                                         | 7.3.7 Управление на измененията при проектирането и разработването                                                                                                                           |
| 8.3.6.1 Изменения при проектирането и разработването — допълнение                                                          | 7.3.7 Управление на измененията при проектирането и разработването (Забележка)                                                                                                               |
| 8.4 Управление на процеси, продукти и услуги от външни доставчици                                                          | 7.4.1 Процес на закупуване                                                                                                                                                                   |
| 8.4.1 Общи положения                                                                                                       | 7.4.1 Процес на закупуване                                                                                                                                                                   |
| 8.4.1.1 Общи положения — допълнение                                                                                        | 7.4.1 Процес на закупуване (Забележка 1)                                                                                                                                                     |
| 8.4.1.2 Процес на избор (селектиране) на доставчик                                                                         | 7.4.1 Процес на закупуване                                                                                                                                                                   |
| 8.4.1.3 Източници, предписани (посочени) от клиента (известно още като “Насочена покупка”)                                 | 7.4.1 Процес на закупуване<br>7.4.1.3 Източници на доставка, одобрение от клиента                                                                                                            |
| 8.4.2 Вид и обхват на управлението                                                                                         | 7.4.1 Процес на закупуване<br>7.4.3 Проверка на закупения продукт                                                                                                                            |
| 8.4.2.1 Вид и обхват на управлението — допълнение                                                                          | 7.4.1 Процес на закупуване<br>7.4.3 Проверка на закупения продукт<br>7.4.3.1 Съответствие на получения продукт с изискванията                                                                |
| 8.4.2.2 Законови и нормативни изисквания                                                                                   | 7.4.1 Процес на закупуване<br>7.4.1.1 Съответствие с изискванията на нормативните актове, създадени от законодателен орган или от друг овластен орган<br>7.4.3 Проверка на закупения продукт |
| 8.4.2.3 Разработване на система за управление на качеството на доставчика                                                  | 7.4.1 Процес на закупуване<br>7.4.1.2 Разработване на система за управление на качеството при доставчиците<br>7.4.3 Проверка на закупения продукт                                            |
| 8.4.2.3.1 Софтуер, свързан с продукти за автомобилната индустрия или продукти за автомобилната индустрия с вграден софтуер | 7.4.1 Процес на закупуване<br>7.4.1.2 Разработване на система за управление на качеството при доставчиците<br>7.4.3 Проверка на закупения продукт                                            |

|                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8.4.2.4 Наблюдение (мониторинг) на доставчика                                   | 7.4.1 Процес на закупуване<br>7.4.3 Проверка на закупения продукт<br>7.4.3.2 Наблюдение при доставчика                                                                                                                                         |
| 8.4.2.4.1 Одити от втора страна                                                 | 7.4.1 Процес на закупуване<br>7.4.3 Проверка на закупения продукт<br>7.4.3.2 Наблюдение при доставчика                                                                                                                                         |
| 8.4.2.5 Развитие на доставчика                                                  | 7.4.1 Процес на закупуване<br>7.4.3 Проверка на закупения продукт<br>7.4.3.1 Съответствие на получения продукт с изискванията                                                                                                                  |
| 8.4.3 Информация, предназначена за външни доставчици                            | 7.4.2 Информация за закупуването<br>7.4.3 Проверка на закупения продукт                                                                                                                                                                        |
| 8.4.3.1 Информация, предназначена за външни доставчици — допълнение             | 7.4.2 Информация за закупуването<br>7.4.3 Проверка на закупения продукт                                                                                                                                                                        |
| 8.5 Производство и предоставяне на услуга                                       | 7.5 Производство и предоставяне на следпродажбени услуги                                                                                                                                                                                       |
| 8.5.1 Управление на производството и на предоставянето на услуга                | 7.5.1 Управление на производството и предоставянето на следпродажбени услуги<br>7.5.2 Потвърждаване/валидиране на процесите на производството и предоставянето на следпродажбени услуги                                                        |
| 8.5.1.1 Контролен план (план за наблюдение)                                     | 7.5.1 Управление на производството и предоставянето на следпродажбени услуги<br>7.5.1.1 План за наблюдение<br>7.5.2 Потвърждаване/валидиране на процесите на производството и предоставянето на следпродажбени услуги                          |
| 8.5.1.2 Стандартизирана работа – инструкции за операторите и визуални стандарти | 7.5.1 Управление на производството и предоставянето на следпродажбени услуги<br>7.5.1.2 Инструкции за работа<br>7.5.2 Потвърждаване/валидиране на процесите на производството и предоставянето на следпродажбени услуги                        |
| 8.5.1.3 Верифициране (проверка) на настройките за работа                        | 7.5.1 Управление на производството и предоставянето на следпродажбени услуги<br>7.5.1.3 Проверка на подготовката на работните места<br>7.5.2 Потвърждаване/валидиране на процесите на производството и предоставянето на следпродажбени услуги |
| 8.5.1.4 Верифициране (проверка) след спиране                                    | 7.5.1 Управление на производството и                                                                                                                                                                                                           |

|                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>(изключване)</i></p> <p>8.5.1.5 <i>Тотално производствено поддържане (Total productive maintenance - TPM)</i></p> <p>8.5.1.6 <i>Управление на инструментите за производство и на оборудването за производство, изпитване (тестване) и контрол (инспекция)</i></p> | <p>предоставянето на следпродажбени услуги</p> <p>7.5.2 Потвърждаване/валидиране на процесите на производството и предоставянето на следпродажбени услуги</p> <p>7.5.1 Управление на производството и предоставянето на следпродажбени услуги</p> <p>7.5.1.4 <i>Превантивно поддържане и прогнозно поддържане</i></p> <p>7.5.2 Потвърждаване/валидиране на процесите на производството и предоставянето на следпродажбени услуги</p> <p>7.5.1 Управление на производството и предоставянето на следпродажбени услуги</p> <p>7.5.1.5 <i>Управление на инструментите за производство</i></p> <p>7.5.2 Потвърждаване/валидиране на процесите на производството и предоставянето на следпродажбени услуги</p> |
| <p>8.5.1.7 <i>Съставяне на производствен график</i></p>                                                                                                                                                                                                                 | <p>7.5.1 Управление на производството и предоставянето на следпродажбени услуги</p> <p>7.5.1.6 <i>План-график за производството</i></p> <p>7.5.2 Потвърждаване/валидиране на процесите на производството и предоставянето на следпродажбени услуги</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <p>8.5.2 Идентификация и проследимост</p> <p>8.5.2.1 <i>Идентификация и проследимост — допълнение</i></p> <p>8.5.3 Собственост, принадлежаща на клиенти или на външни доставчици</p>                                                                                    | <p>7.5.3 Идентификация и проследимост</p> <p>7.5.3 Идентификация и проследимост</p> <p>7.5.3.1 <i>Идентификация и проследимост. Допълнение</i></p> <p>7.5.4 Собственост на клиента</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <p>8.5.4 Предпазване</p> <p>8.5.4.1 <i>Предпазване — допълнение</i></p>                                                                                                                                                                                                 | <p>7.5.5 Предпазване на продукта</p> <p>7.5.5 Предпазване на продукта</p> <p>7.5.5.1 <i>Условия за съхраняване и управление на складовите наличности</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p>8.5.5 Дейности след доставка</p>                                                                                                                                                                                                                                     | <p>7.5.1 Управление на производството и предоставянето на следпродажбени услуги</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p>8.5.5.1 <i>Обратна информация от обслужване</i></p>                                                                                                                                                                                                                  | <p>7.5.1 Управление на производството и предоставянето на следпродажбени услуги</p> <p>7.5.1.7 <i>Обратна информация за</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8.5.5.2 Споразумение за обслужване с клиента                                                        | предоставяне на следпродажбени услуги<br>7.5.1 Управление на производството и предоставянето на следпродажбени услуги<br>7.5.1.8 Споразумение с клиента относно предоставянето на следпродажбени услуги    |
| 8.5.6 Управление на измененията                                                                     | 7.3.7 Управление на измененията при проектирането и разработването                                                                                                                                         |
| 8.5.6.1 Управление на измененията — допълнение                                                      | 7.1.4 Управление на измененията<br>7.3.7 Управление на измененията при проектирането и разработването                                                                                                      |
| 8.5.6.1.1 Временно изменение на мерките за контрол на процеса                                       | 7.1.4 Управление на измененията<br>7.3.7 Управление на измененията при проектирането и разработването                                                                                                      |
| 8.6 Пускане на продукти и услуги                                                                    | 7.4.3 Проверка на закупения продукт<br>8.2.4 Наблюдение и измерване на продукта                                                                                                                            |
| 8.6.1 Пускане на продукти и услуги — допълнение                                                     | 7.4.3 Проверка на закупения продукт<br>8.2.4 Наблюдение и измерване на продукта                                                                                                                            |
| 8.6.2 Пълен размерен контрол (инспекция) и функционално изпитване (тестване)                        | 7.4.3 Проверка на закупения продукт<br>8.2.4 Наблюдение и измерване на продукта<br>8.2.4.1 Контрол на размерите и функционални изпитвания                                                                  |
| 8.6.3 Продукти с изисквания към външния им вид                                                      | 7.4.3 Проверка на закупения продукт<br>8.2.4 Наблюдение и измерване на продукта<br>8.2.4.2 Части, определящи външния вид                                                                                   |
| 8.6.4 Верифициране (проверка) и приемане на съответствието на продукти и услуги от външен доставчик | 7.4.3 Проверка на закупения продукт<br>7.4.3.1 Съответствие на получения продукт с изискванията<br>8.2.4 Наблюдение и измерване на продукта                                                                |
| 8.6.5 Съответствие със законови и нормативни изисквания                                             | 7.4.1.1 Съответствие с изискванията на нормативните актове, създадени от законодателен орган или от друг овластен орган<br>7.4.3 Проверка на закупения продукт<br>8.2.4 Наблюдение и измерване на продукта |
| 8.6.6 Критерии за приемане                                                                          | 7.1.2 Критерии за приемане<br>7.4.3 Проверка на закупения продукт<br>8.2.4 Наблюдение и измерване на продукта                                                                                              |
| 8.7 Управление на несъответстващи изходни елементи                                                  | 8.3 Управление на несъответстващ продукт                                                                                                                                                                   |
| 8.7.1                                                                                               | 8.3 Управление на несъответстващ продукт                                                                                                                                                                   |
| 8.7.1.1 Упълномощаване от клиента за приемане с отклонение                                          | 8.3 Управление на несъответстващ продукт<br>8.3.4 Отклонения, съгласувани с клиента                                                                                                                        |
| 8.7.1.2 Управление на несъответстващ продукт – процес, посочен (конкретно)                          | 8.3 Управление на несъответстващ продукт<br>8.3.1 Управление на несъответстващ                                                                                                                             |

| <i>от клиента</i>                                                 | <i>продукт. Допълнение</i>                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8.7.1.3 Управление (контрол) на подозрителен (съмнителен) продукт | 8.3 Управление на несъответстващ продукт<br>8.3.1 Управление на несъответстващ продукт. Допълнение                              |
| 8.7.1.4 Управление (контрол) на преработен (доработен) продукт    | 8.3 Управление на несъответстващ продукт<br>8.3.2 Управление на преработените продукти                                          |
| 8.7.1.5 Управление (контрол) на ремонтиран продукт                | 8.3 Управление на несъответстващ продукт<br>8.3.3 Информация, предназначена за клиента                                          |
| 8.7.1.6 Уведомяване (нотифициране) на клиента                     | 8.3 Управление на несъответстващ продукт<br>7.4.3.2 Наблюдение при доставчика<br>8.2.1.1 Удовлетворяване на клиента. Допълнение |
| 8.7.1.7 Разпореждане с несъответстващ продукт                     | 8.3 Управление на несъответстващ продукт<br>8.3.1 Управление на несъответстващ продукт. Допълнение                              |
| 8.7.2                                                             | 8.3 Управление на несъответстващ продукт<br>8.3.1 Управление на несъответстващ продукт. Допълнение                              |
| <b>9 Оценяване на резултатността</b>                              | <b>8 Измерване, анализ и подобряване</b>                                                                                        |
| 9.1 Наблюдение, измерване, анализ и оценяване                     | 8 Измерване, анализ и подобряване<br>8.2.3 Наблюдение и измерване на процесите<br>8.2.4 Наблюдение и измерване на продукта      |
| 9.1.1 Общи положения                                              | 8.2.3 Наблюдение и измерване на процесите<br>8.2.4 Наблюдение и измерване на продукта                                           |
| 9.1.1.1 Наблюдение и измерване на производствени процеси          | 8.1 Общи положения<br>8.2.3 Наблюдение и измерване на процесите<br>8.2.3.1 Наблюдение и измерване на производствените процеси   |
| 9.1.1.2 Идентифициране на статистически инструменти               | 8.1 Общи положения<br>8.1.1 Идентификация на статистически методи<br>8.2.3 Наблюдение и измерване на процесите                  |
| 9.1.1.3 Приложение на статистически концепции                     | 8.1 Общи положения<br>8.1.2 Познаване на основните статистически понятия<br>8.2.3 Наблюдение и измерване на процесите           |
| 9.1.2 Удовлетвореност на клиента                                  | 8.2.1 Удовлетворяване на клиента                                                                                                |
| 9.1.2.1 Удовлетвореност на клиента — допълнение                   | 8.2.1 Удовлетворяване на клиента<br>8.2.1.1 Удовлетворяване на клиента. Допълнение                                              |
| 9.1.3 Анализ и оценяване                                          | 8.4 Анализ на данните                                                                                                           |
| 9.1.3.1 Приоритизиране (определяне на приоритети)                 | 8.4 Анализ на данните<br>8.4.1 Анализ и използване на данните                                                                   |
| 9.2 Вътрешен одит                                                 | 8.2.2 Вътрешен одит                                                                                                             |

|                                                                    |                                                             |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 9.2.1                                                              | 8.2.2 Вътрешен одит                                         |
| 9.2.2                                                              | 8.2.2 Вътрешен одит                                         |
| 9.2.2.1 Програма за вътрешен одит                                  | 8.2.2 Вътрешен одит                                         |
|                                                                    | 8.2.2.4 Планиране на вътрешните одити                       |
| 9.2.2.2 Одит на системата за управление на качеството              | 8.2.2 Вътрешен одит                                         |
|                                                                    | 8.2.2.1 Одит на системата за управление на качеството       |
| 9.2.2.3 Одит на производствен процес                               | 8.2.2 Вътрешен одит                                         |
|                                                                    | 8.2.2.2 Одит на производствените процеси                    |
| 9.2.2.4 Одит на продукт                                            | 8.2.2 Вътрешен одит                                         |
|                                                                    | 8.2.2.3 Одит на продукта                                    |
| 9.3 Преглед от ръководството                                       | 5.6 Преглед от ръководството                                |
| 9.3.1 Общи положения                                               | 5.6 Преглед от ръководството                                |
|                                                                    | 5.6.1 Общи положения                                        |
| 9.3.1.1 Преглед от ръководството — допълнение                      | 5.6.1 Общи положения                                        |
|                                                                    | 5.6.1.1 Изпълнение на системата за управление на качеството |
| 9.3.2 Входни елементи за прегледа от ръководството                 | 5.6.2 Входни елементи за прегледа                           |
| 9.3.2.1 Входни елементи за прегледа от ръководството — допълнение  | 5.6.2 Входни елементи за прегледа                           |
|                                                                    | 5.6.2.1 Входни елементи за прегледа. Допълнение             |
| 9.3.3 Изходни елементи от прегледа от ръководството                | 5.6.3 Изходни елементи от прегледа                          |
| 9.3.3.1 Изходни елементи от прегледа от ръководството — допълнение | 5.6.3 Изходни елементи от прегледа                          |
| <b>10 Подобряване</b>                                              | <b>8.5 Подобряване</b>                                      |
| 10.1 Общи положения                                                | 8.5.1 Непрекъснато подобряване                              |
| 10.2 Несъответствие и коригиращо действие                          | 8.3 Управление на несъответстващ продукт                    |
|                                                                    | 8.5.2 Коригиращи действия                                   |
| 10.2.1                                                             | 8.3 Управление на несъответстващ продукт                    |
|                                                                    | 8.5.2 Коригиращи действия                                   |
| 10.2.2                                                             | 8.3 Управление на несъответстващ продукт                    |
|                                                                    | 8.5.2 Коригиращи действия                                   |
| 10.2.3 Решаване на проблеми (Problem solving)                      | 8.3 Управление на несъответстващ продукт                    |
|                                                                    | 8.5.2 Коригиращи действия                                   |
|                                                                    | 8.5.2.1 Разрешаване на проблемите                           |
| 10.2.4 Предотвратяване на грешки                                   | 8.3 Управление на несъответстващ продукт                    |
|                                                                    | 8.5.2 Коригиращи действия                                   |
|                                                                    | 8.5.2.2 Механизми за предотвратяване на грешки              |
| 10.2.5 Системи за управление на гаранциите                         | 8.3 Управление на несъответстващ продукт                    |
|                                                                    | 8.5.2 Коригиращи действия                                   |
| 10.2.6 Анализ на оплакванията                                      | 8.3 Управление на несъответстващ продукт                    |



|                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (рекламациите) от клиенти и на изпитванията (тестванията) на отказите от областта на експлоатация | 8.5.2 Коригиращи действия<br>8.5.2.4 Изпитване / анализ на отхвърления продукт                                                                                                                                                           |
| 10.3 Постоянно подобряване<br><br>10.3.1 Постоянно подобряване — допълнение                       | 8.5.1 Непрекъснато подобряване<br>8.5.3 Превантивни действия<br><br>8.5.1 Непрекъснато подобряване<br>8.5.1.1 Непрекъснато подобряване на организацията<br>8.5.1.2 Подобряване на производствените процеси<br>8.5.3 Превантивни действия |

Ключови моменти в новия стандарт [7, 9] са:

- включване на някои от специфичните клиентски изисквания на OEM (производителите на оригинално оборудване);
- включване на изискванията за безопасност на продукти и процеси;
- разширяване на изискванията за проследимост;
- включване на изисквания за продукти с предварително инсталиран софтуер;
- включване на процес за управление на гаранцията;
- изясняване на управлението на поддоставчиците;
- добавяне на изискване за корпоративна отговорност;
- приемане на структурата на високо ниво на Annex SL.

### Заклучение

IATF 16949 играе съществена роля за осигуряване на изискванията за качество, намалявайки рисковете за грешки в цялото автомобилно производство. Сертифицирането съгласно IATF 16949 е задължително за организации, които желаят да произвеждат части за автомобилната индустрия. Това го прави най-широко използвания стандарт по качество при производството на части необходими за автомобилостроенето. Въпреки голямото си сходство с ISO 9001, внедряването на IATF 16949 в производството допринася силно за безопасността на работното място и качеството на произведените продукти.

### Литература

- [1] БДС EN ISO 9001:2008 Системи за управление на качеството. Изисквания.
- [2] БДС EN ISO 9001:2015 Системи за управление на качеството. Изисквания.
- [3] СД ISO/TS 16949:2010 Системи за управление на качеството. Конкретни изисквания за прилагането на ISO 9001:2008 при серийното производство и производството на резервни части за автомобилната индустрия (ISO/TS 16949:2009).
- [4] Cianfrani C. A., J. E. (Jack) West. ISO 9001:2015 Explained. ASQ Quality Press, 2015.
- [5] Hunt, L., D. E. Robitaille, C. Williams. The Insiders' Guide to ISO 9001:2008. Paton Professional, 2008.
- [6] IATF 16949:2016 Quality management system requirements for automotive production and relevant service parts organizations.
- [7] <https://advisera.com/16949academy/isots-169492009-vs-iatf-169492016-conversion-tool/>
- [8] [https://committee.iso.org/files/live/sites/tc176sc2/files/documents/ISO%209001%202015%20Implementation%20guidance%20docs/ISO9001\\_2015\\_Correlation\\_Matrix\\_s.docx](https://committee.iso.org/files/live/sites/tc176sc2/files/documents/ISO%209001%202015%20Implementation%20guidance%20docs/ISO9001_2015_Correlation_Matrix_s.docx)
- [9] <http://www.aiag.org/quality/iatf16949/aiag-documents-for-iatf-16949-2016>

**За контакти:**

Кристиян Начев, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Специалност ТУТ, 2 курс, ф. №154021; e-mail: [skyrevers@abv.bg](mailto:skyrevers@abv.bg)

гл. ас. д-р Цветелин Георгиев, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Катедра ТММРМ, тел.: 082-888 493, e-mail: [tzgeorgiev@uni-ruse.bg](mailto:tzgeorgiev@uni-ruse.bg)

**Докладът е рецензиран.**

## **Автоматизирана система за напояване**

автори: Стоян Стефанов, Илиян Михайлов  
научен ръководител: инж. Чавдар Костадинов

***Automated irrigation system:** The paper examines several soil cultivation methods that reduce the cost of growing crops. Types of irrigation systems are also presented.*

***Key words:** Tillage, plowing, irrigation systems.*

### **ВЪВЕДЕНИЕ**

С всяка настъпваща година цените на посевния материал и агрохимическите препарати се покачват. Това отдавна принуждава земеделците по света да икономисват тези ресурси. Но днес въпросът за рационалното им използване стои много остро: поради постоянно променящия се ръст на валутния курс, цената на доставяните вносни торове и течните агрохимически препарати нараства значително. Също така значително се повишава и цената на семената за посев. Затова все по-важен става въпросът могат ли земеделските производители да използват техния потенциал с максимална изгода.

Отделните слоеве могат да представляват информация за използваните сортове семена в различни парцели, която се свързва с данните от добива; да показват почвеното съдържание, въз основа на което се изготвят карти за торене и поливане; да показват количествата добиви или друга важна информация, която се използва за анализ от системата за управление на решенията. Специализираните в сферата софтуерни системи автоматично калкулират и стойността на продукцията, правят отчети за доходите, баланс и други финансови отчети.

### **ИЗЛОЖЕНИЕ**

В съвременното земеделие за основна почвообработка се препоръчват множество методи и технологии:

- дълбоко разрохкване с култиватор;
- оран с плуг;
- дълбоко разрохкване без обръщане на пласта с плуг;
- оран с обръщане на орния хоризонт.

Най-важната и трудоемка операция при основната обработка на почвата е оранта. Тя е основният технологичен метод за почвообработка.

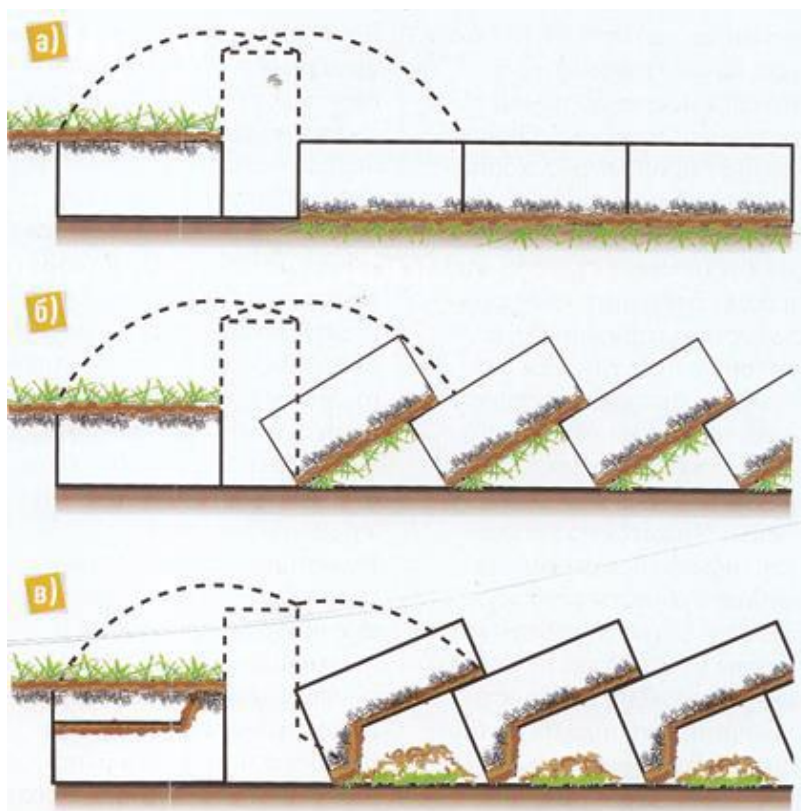
Оранта е предназначена за разрохкване и обръщане на почвения пласт. Разрохкването облекчава циркулирането на въздуха, водата и хранителните елементи към корените на растенията, способства за натрупването и запазването на влагата в орния хоризонт, помага на кореновата система да се развива по-добре, засилва жизнеността на полезните микроорганизми. Основните видове оран са показани на графиката: пълно обръщане на пласта на 180 градуса, оран с повдигане на пласта и култивиране.

Изборът зависи в голяма степен от почвено-климатичните условия. При различни климатични условия един и същи метод дава различни резултати.

Пълно обръщане на пласта (фиг. 1.а) се прилага при усвояването на нови площи и такива, които са обрасли с ниска растителност. При тази оран затревената част на пласта се обръща напълно и се поставя на дъното на браздата.

Оран с подметка на пласта (фиг. 1.б) означава непълно обръщане на почвата и поставянето му на 135 градуса на една страна. Тази оран се провежда с конвенционални плугове.

Оран с предплужник (фиг. 1.в) отговаря в най-голяма степен на изискванията на агротехниката. То е и най-разпространеният метод на основна обработка на почвата. Провежда се с плуг с предплужно тяло. При култивирането в горния слой на почвата предплужникът първо изрязва тънък слой от пласта на 2/3 от ширината на основния и го хвърля в браздата, а след това се отрязва останалата част, която при това се обръща на 130 – 150 градуса и покрива изрязаната преди това тънка част от пласта.



Фиг. 1 Видове оран

При обръщането на пласта, горният, загубил структурата си слой, се поставя на дъното на браздата, а долният се повдига нагоре. В почвата се заорават тревата, растителните остатъци, плевелите и техните семена, вредителите, както и торът. Най-високи резултати се получават при провеждане на култивирането на дълбочина 27 – 30 см или на цялата дълбочина, ако орният хоризонт на почвата е малък. Но трябва да се внимава – оранта на дълбочина, по-голяма от орния хоризонт, може да доведе до премесване на хумусния слой и да повиши неговата киселинност, което се отразява зле върху добивите от някои култури. В този случай е по-добре да се проведе дълбока обработка без обръщане на пласта на почвата на 30 – 35 см, която не отстъпва по ефективност на обикновената оран на дълбочината на орния хоризонт.

Нулевата обработка на почвата все по-широко се прилага от земеделските производители [1].

За разлика от традиционното полеводство, стърнищата не се изгарят и не се закопават в земята, сламата не се прибира от полето. Растителните остатъци след прибирането на реколтата се наситняват до определен размер, а след това равномерно се разпределят по повърхността на полето. Така се формира защитаващо почвата покритие, което се противопоставя на почвената и ветрената ерозия, осигурява запазването на влагата, пречи на растежа на плевелите, съдейства за активизирането на микрофлората на почвата и представлява база за възпроизводството на плодородния слой на почвата и повишаването на добивите. Така че при отглеждането на културите се взема под внимание не само очакваните добиви от зърно, но и получаването на максимално количество биомаса. Например, желателно е отглеждането на високи сортове пшеница, въвеждането в сеитбооборота на култури с голямо количество биомаса като царевицата и т.н.

Системата на нулевата обработка на почвата има редица предимства в сравнение с традиционната: икономия на ресурси – гориво, торове, работна ръка, време, намаляване на амортизациите. Намаляването на разходите превишава незначителното намаляване в добивите и съответно – повишава рентабилността. Запазва се и се възстановява плодородният слой на почвата. Намалява се и дори напълно се предотвратява ерозията на почвите. В тях се натрупва влага и по този начин се намалява зависимостта на добивите от климатичните условия.

### НЕДОСТАТЪЦИ

Относителен недостатък на системата на нулевата обработка на почвата е нейната сложност и необходимостта от строго спазване на сеитбооборота. Сеитбооборотите, видовете и нормите на използваните химични вещества и т.н. трябва да бъдат подбрани специално за конкретното стопанство с оглед на климата, почвите, обичайните за местността плевели и вредители, както и много други фактори.

Неравните участъци на повърхността трябва да се изравняват, за да могат сеялките да разпределят семената равномерно. Нулевата обработка на почвата води до натрупването в горните пластове на патогени и вредители и изисква активни химични обработки.



**Фиг. 2 Капково подпочвено напояване**

Основната краткосрочна разлика между орната и безорната почвообработка е използването на хербицидите, както и количеството на култивиранията.

Култивиранията почви, от които се изпаряват 15 – 20 мм влага, губят органичния въглерод, стимулира се появата на плевели в зърнените култури, почвите става трудно проходими, подложени са на значителни физически повреди, образуват твърда кора на повърхността, имат по-малко количество активни хербициди.



Така че изборът на една или друга система на почвообработка трябва да бъде индивидуален и комплексен и да отчита недостатъците на всяка от тях.

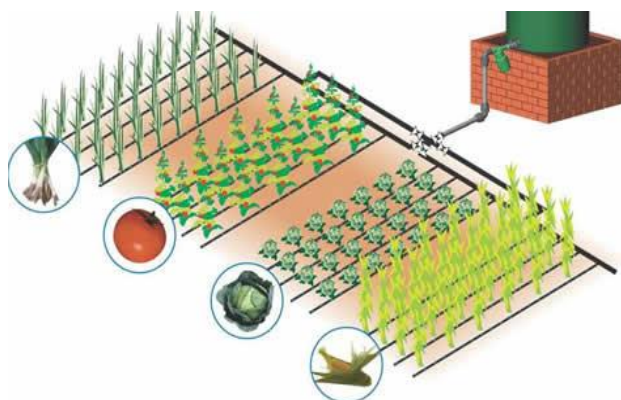
Запазването за по дълъг период на качествата на почвата се постига с използването на системи за напояване. Капковото напояване може да бъде няколко вида:

- Подпочвено напояване (фиг. 2).



Фиг. 3 Надпочвено напояване

- Надпочвено напояване (фиг. 3).



Фиг. 4 Схема на паралелно напояване

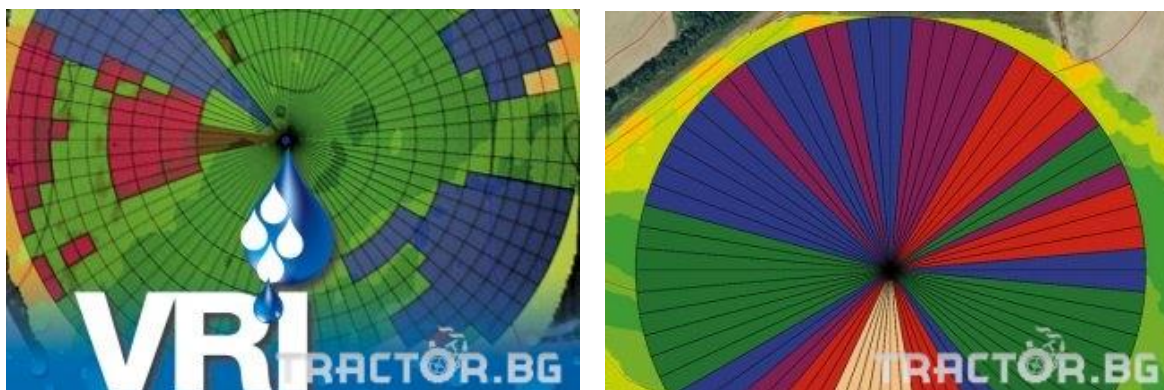
- Паралелно напояване (фиг. 4).



Фиг. 5 Последователно напояване

- Последователно напояване (фиг. 5).

Освен самото напояване като процес не трябва да има и пропуски на парцели. Това може да се постигне със системите за управление на инвентара. Те съдържат лесни за инсталиране върху машините контролери, съвместими с работата на GPS-приемниците и дисплей, на който се показва картографирана информация от извършваната операция. С тях се извършва автоматичен контрол на няколко секции, като се избягват пропуски или застъпвания. GPS-приемниците дават информация за навигацията на машината и за нейната скорост. Така се знае кои са обработените площи, а според скоростта автоматично се регулира налягането на разпръскване на препаратите. По този начин се постига максимална прецизност и улесняване работата на оператора, като едновременно се отчитат икономически и екологични ползи.



Фиг. 6 Система за поливане с променлива норма Valley VRI

Представената на фиг. 6 система за разпределение на водата (VRI) [2] от Valley е идеална за полета с различен тип почва и варираща топография. С комбинацията между хардуер и софтуер, Valley VRI позволява да се определи желаното количество вода в определени сектори (VRI Speed Control) или да се управляват зоните (VRI Zone Control). Поливането с VRI може да се програмира така, че да отговаря на специфичните условия на полето.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Използването на съвременни автоматизирани системи за напояване подобрява качествата на почвата и позволява да се повиши производителността за сметка на по-добрите условия, които се създават за вегетацията на посевите. В статията са разгледани няколко начина за почвообработка, които намаляват разходите за отглеждане на културите. Представени са и видовете системи за напояване.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] <http://fermera.bg/component/k2/item/4715-B5.html>
- [2] [-valley-vri#sthash.t4GW010B.dpuf](#)

### За контакти:

Стоян Стефанов, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Специалност “Аграрно инженерство”, е-mail: [stogn\\_stognov.1997@abv.bg](mailto:stogn_stognov.1997@abv.bg).

Илиян Михайлов, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Специалност “Аграрно инженерство”, е-mail: [iliqn\\_mihajlov@abv.bg](mailto:iliqn_mihajlov@abv.bg).

инж. Чавдар Костадинов, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Катедра „Технология на машиностроенето и металорежещи машини“, тел.: 082-888 742, е-mail: [chkostadinov@uni-ruse.bg](mailto:chkostadinov@uni-ruse.bg).

**Докладът е рецензиран.**

## Средства за прецизно земеделие

автори: Стоян Стефанов, Илиян Михайлов  
научен ръководител: инж. Чавдар Костадинов

**Means for precision farming:** The paper justifies the modern farming tools, also called agriculture according to the specifics of the site, is a new technology that allows producers to manage the arable land adequately according to spatially differentiated information. It is an innovative, technological and information-based, intelligent approach to identifying, analyzing and managing variables to obtain profitable production with optimal production and resource conservation. Precision farming has great potential in developing economic and environmental benefits, which include reducing water use, fertilizers, preparations, labour and equipment. The point of the approach is to make the right management decisions in agriculture on the basis of the variable field characteristics and maximal yields.

**Key words:** Automated means of agriculture, GPS,.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Революцията в електрониката и информатиката през последните десетилетия създаде две технологии, които ще окажат силно влияние върху селското стопанство през следващите години. Тези технологии са глобалната система за позициониране (GPS) и географските информационни системи (GIS). Заедно с тях се появиха широка гама сензори, монитори и контролери за селскостопанска техника. Те ще дадат възможност на земеделските производители да използват електронни средства за позициониране и ориентиране на оборудването за по-прецизно извършване на всички агротехнически дейности – от подготовка на почвата преди сеитба до прибиране на реколтата. Заедно с наблюдението и управлението тези системи позволяват анализ на широка гама от данни от различни източници на информация.



Фиг. 1 GPS-устройство за използване на полето

Европейските страни се сблъскват с такъв проблем още преди двадесетина години, поради ограничения природен ресурс на суровините за производство на торове. Поради тази причина европейските страни внасят фосфорити от други страни, преди всичко от Северна Африка. Това оскъпява производството им и затова земеделските производители започват да използват торовете много по-икономично. Цените на вноския материал за посев – семената, също се увеличават в сравнение с предходните години, поради постоянните промени в ръста на валутата.

Прецизността и максималната икономия на торовете и посевния материал в сегашната реалност трябва да стоят начело на селскостопанската стратегия на аграрните предприятия, тъй като следването точно на тези принципи е залог за

снижаване себестойността на продукцията. Добивът от един декар зависи от прецизния разход на торове и семена.

В условията на повишаващите се цени на селскостопанската техника и нестабилността в кредитирането на аграрния сектор е много трудно да се закупуват машини, тъй като те струват скъпо. По-голямата част от селскостопанските производители имат два начина на преминаване към прецизния вариант земеделие: първият е да дооборудват техниката си с механично регулирана бордова електроника, и вторият – максимално пълноценно да използват притежаваните най-нови машини, в базовата комплектация, на които са заложили възможности за прецизното земеделие.

Почти всички водещи производители на самоходна селскостопанска техника в настоящия момент предлагат свои готови навигационни решения, които, особено за скъпите модели, вече са включени в комплекта на машините. Ако тракторът не е окомплектован с навигация в завода-производител, той може да се доокомплектова допълнително, като навигацията се монтира на всяка техника, по всяко време, за всяка операция и за всяка култура. Изборът е голям. Всичко зависи от предпочитанията на селскостопанските производители и финансовите им възможности.

## **ИЗЛОЖЕНИЕ**

### **Какво би станало ако...**

Всеки земеделски стопанин се нуждае от добра и навременна информация за успешен бизнес. Представете си, че предвижвайки се с трактор по обработваемите си земи, натискате един бутон в него, за да включите монитор, свързан с глобалната система за позициониране (Global Positioning System, GPS) или друга глобална навигационна сателитна система (Global Navigation Satellite System, GNSS), който локализира точното ви местоположение с прецизност до 1 m. С натискане на друг бутон получавате достъп до серия от карти, поддържани от географска информационна система (Geographical Information System, GIS), от които разбирате къде почвата е влажна или суха, къде е ерозираща, дали и къде има нужда от поливане, торене, прилагане на препарати или друг вид агротехническа дейност.

Освен това можете да качите данни от дистанционно наблюдение, например от предишния ден, които показват параметрите на почвата и културите в пространствена диференцираност. Получавайки тези данни системата автоматично регулира прилагане на торове, поливана вода, химикали или друга дейност на точното място в необходимия размер. Вие просто си седите и се наслаждавате на пътуването, спестявайки пари и време, като едновременно получавате нужната информация. Е, ако това е истина, поздравления, Вие сте сред новото поколение на производителите, наречени „прецизни земеделски стопани“.

Много мениджъри на селскостопански производства в света използват GPS и GIS, за да управляват прецизно. Те ползват редица технологични платформи, ето и основните от тях:

### **1. Глобална навигационна сателитна система (GNSS) и глобална система за позициониране (GPS)**

GNSS обединява всички навигационни системи – американската GPS със 32 сателита, руската GLONASS, с 24 сателита, помощните WAAS, EGNOS и MSAS със сателити в геостационарна орбита и бъдещите проекти на ЕС и на Китай - съответно GALILEO и COMPASS [1]. Едновременно получаване на сигнали от двете действащи в момента навигационни системи (GPS и GLONASS) подобрява точността на информацията. Системата от спътници за глобално позициониране излъчват сигнали, които позволяват да се изчисли точното местоположение на GPS-приемници и GLONASS-приемници. Тази информация се предоставя в реално време, което



означава, че непрекъснато по време на движение се получава информация за местоположението на приемника. Сателитните системи използват метода на триангулация и локализируют потребителя чрез изчисления върху информация от няколко сателита. Всеки спътник излъчва кодирани сигнали на точни интервали. Приемникът конвертира информацията от сигналите в оценка за позиция, скорост и време. Точната информация за позицията по всяко време позволява параметрите на почвата и културите да бъдат картирани. Поставени в полето или монтирани на техника, GPS-приемниците дават информация на потребителите от определени места.

## 2. Географски информационни системи (GIS)

Те представляват компютърен хардуер и софтуер, който използва атрибути и данни за местоположението, за да произвежда карти. Файловете с атрибути данни се създават със система за управление на база данни. Тематичните карти представят стойностите на един или няколко атрибута от базата данни на картата чрез специфично оцветяване или друг тип означаване на регионите, с които са свързани. Важна функция на селскостопански GIS е да съхраняват информация за разнородни атрибути в отделни слоеве. Пространствените обекти от картите могат да се групират и да се изчислят сумарни стойности на свързаните с тях атрибути. Това е процес на райониране или динамично групиране на обектите, което позволява динамичен анализ.



**Фиг. 2 Електронни маркери за паралелно управление**

Системата има за задача да събира, съхранява, анализира и управлява географски данни с цел информирание и вземане на решения. GIS има инструменти, които позволяват на потребителя да създава интерактивни запитвания (създадено от потребителя търсене), да извършва геокодирание и избор на географски обекти, да редактира пространствени обекти и да ги свързва с атрибути данни, да анализира пространствена информация, да редактира данни в картите и да представи резултатите от тези функции.

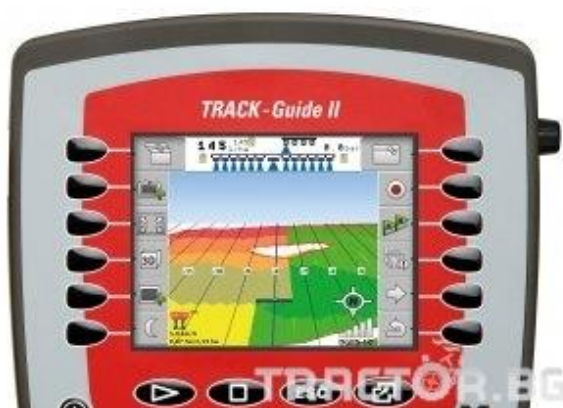
## 3. Управление на променливи характеристики (VRT)

Прецизното земеделие промени начина, по който стопаните възприемат земите си. В миналото цялата обработваема площ се приемаше като еднородна единица – ако е време за поливане, се полива цялото поле. В действителност обаче не всички части от полето имат еднакви нужди. Благодарение на новите технологии стана възможно да се мисли по един по-ефективен начин в управлението на земеделските територии. GIS свързва пространственото местоположение на части от полетата с информация за различни техни показатели (атрибути). Например, привързва атри-

бутни данни като температура, влажност, насекоми, болести и т.н. към места с точни географски координати X и Y. GPS пък позволява позиционирането и получаването на информация от спътници. Така ранното откриване на всяка промяна в условията и нейното локализиране дава ключ към отглеждане на добра реколта. В резултат на тези постижения стана възможно прецизното земеделие, основано на напреднали технологии за управление на променливи характеристики (Variable Rate Technologies, VRT), т.е. получаване на максимални добиви от всяка част от полето.

#### 4. Мониторинг на реколтата и картографиране

В напредналите стопанства добива на зърно се следи непрекъснато чрез измерване на потока, който преминава през комбайна и записване на резултатите. Когато комбайнът е свързан с GPS-приемник, може да се направи мониторинг на данните и въз основа на тях да се изготвят карти. Измерването на реколтата е от важно значение за вземане на правилни управленски решения. Освен това почвените характеристики, ландшафта и други фактори също трябва да бъдат взети под внимание при тълкуването на данните. Ако се използва правилно, информацията за добив на продукцията дава важна обратна връзка за оценка на други средства за управление като използвани семена, торове, пестициди, обработка на земята и напояване. Тъй като количествата реколта в една година могат да бъдат силно повлияни от времето, винаги се препоръчва разглеждане на данните за продукцията от няколко поредни години заедно с данните от години с екстремни метеорологични условия. Това позволява да се определи дали наблюдаваните добиви се дължат на управленски решения или са повлияни от климата.



Фиг. 3 GPS-TRACK – спътников приемник

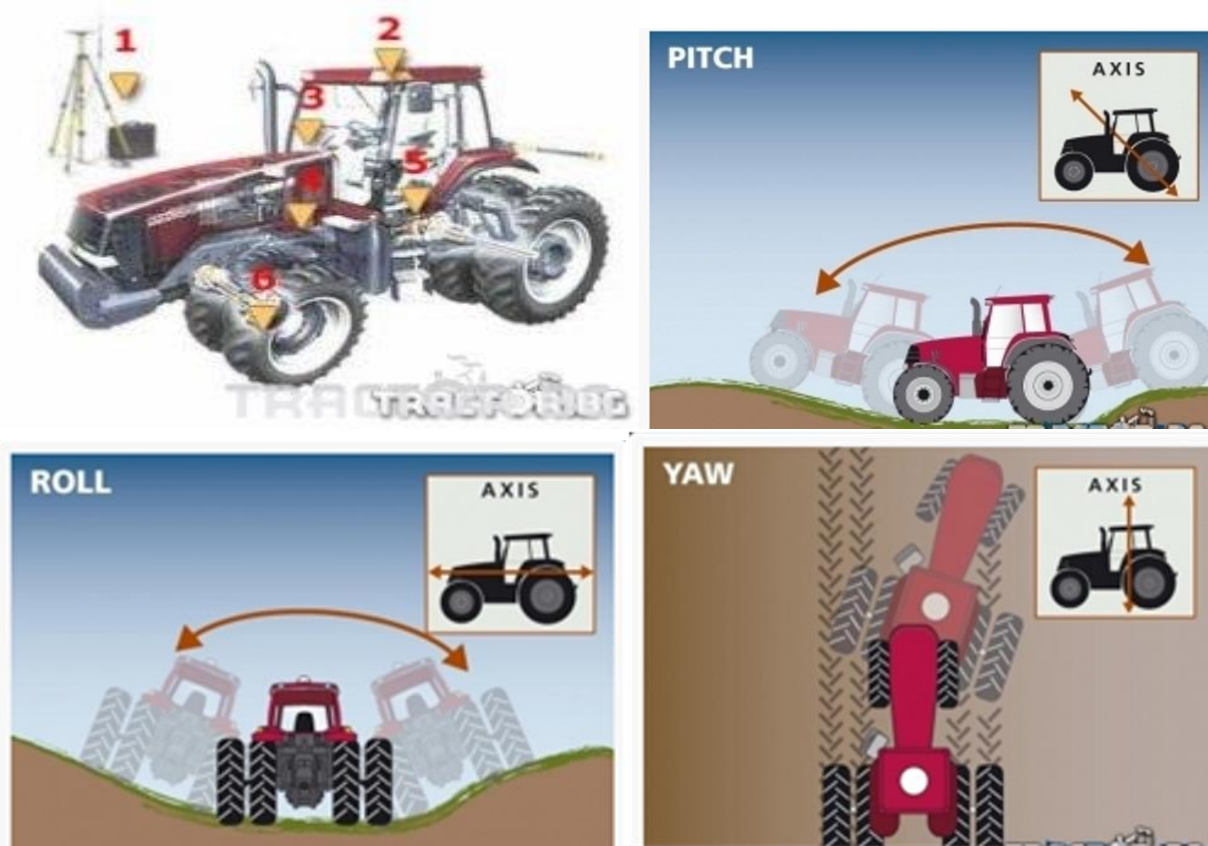
#### 5. Паралелна навигация

С най-голяма популярност се ползват най-простите навигационни прибори за управление на техниката в ръчен режим [2]. Това са така наречените системи за паралелно управление или електронни маркери (фиг. 2). Имайки предвид зададената ширина на захвата, конфигурацията на полето и шаблона на движение, такава система помага на оператора да се ориентира в процеса на работата, без намаляване на производителността и скоростта на обработката, и без ущърб на качеството.

Системата определя местоположението на машината, автоматично оценява отклонението от зададения курс и показва на екрана вярната траектория или курса, с помощта на ярки светодиоди. Тази навигационна система повишава прецизността на обработката на площта с всеки агрегат. Наличието на навигатора предотвратява появата на необработени или повторно обработени зони, което се постига чрез максимално използваната ширина на захвата на агрегата. В резултат се свеждат до

минимум повторната обработка на съседни редове или пропуските между тях. На пазара на селскостопанска техника такива навигатори са представени от фирмите-производители Ag Leader, Trimble, Raven, Outback, StarFire (John Deere), TeeJet, Leica и други.

Но при определяне на координатите с навигационния прибор може да възникне грешка (фиг. 4), така че тя не е приложима за всички технологични операции. Затова в селското стопанство се използват специални приемници за подобряване на прецизността на позиционирането, което позволява да се намалят възможните отклонения. Точността на диференциалните корекции, като EGNOS, SF1 за приемниците Star Fire iTC от John Deere, Glide и други, е 40-25см, а за Omnistar VBS, Omnistar HP/XP, SF2 и други – 15-7см. В такъв случай точността на местонахождението на машината зависи от вида диференциална корекция, с която работи приемникът.



**Фиг. 4 Грешки при управлението на движението на техниката**

В селскостопанското производство има два вида точност – статична и динамична. Статичната точност има значение там, където се извършва един и същи вид работа, например при междуредовата култивация, която се извършва през две седмици след засяването на културата. Динамичната точност се отнася за работа, която не изисква такава прецизност, където по-важно е разстоянието между растенията, а не правата линия. Свой навигационни прибори с функция за паралелно управление предлагат също така Outback, Raven, Trimble и други. Компанията AMAZONE предлага свои разработки в областта на навигацията – контролерът AMATRON 3 с функция за паралелно управление GPS-TRACK, който позволява да се кара трактора по паралелна права с ръчно управление (фиг. 3).

Много важно е да се има пред вид, че дори и най-простата система за паралелно управление икономисва не по-малко от 10% торове или течни агрохимически

препарати, за сметка на изключване на препокриването на обработените площи. Монтирането на системата включва само поставяне на монитор и спътников приемник на сигнала – GPS-устройство.

## **6. Автоматизация на работата**

За стопанствата, които отглеждат технически култури и зеленчуци, тази система за паралелно управление е недостатъчна. Следващата крачка към прецизността е активирането на система за автоуправление и автоматичен завой. Затова е необходимо да се работи със сигнализация за повишена прецизност. Ако обикновеният сигнал показва грешка от 15-20см, то сигналят с повишена прецизност определя местоположението на машината с точност до 5-7см. Подобна прецизност е актуална за селскостопанските производители, които отглеждат зеленчуци.

Използването на системите за точна навигация, в съвкупност с автоуправлението, дава още по-голяма възможност за икономия на посевен материал и препарати, особено при големите земеделски стопанства. Въпреки това, в хълмисти и неравни местности тези системи може да не дадат очакваните резултати и да не са достатъчно прецизни. Затова трябва да се отчита навигационното управление на прикачния инвентар за обработка на почвата.

Положителното в системите за автоуправление е, че модулът (монитор) и приемникът може да се пренасят от една машина в друга и да се използват сезонно (например, в трактор и в комбайн). Подготовката на системите за автоуправление е включена в оборудването на основните самоходни машини. Производителите на навигация също могат да монтират допълнително тези системи върху техниката (фиг. 5).



**Фиг.5 Прецизен инвентар**

Въпреки всичко, използването на навигационните възможности на трактора не ни дава пълен контрол над посевите и разхода на торове. Затова трябва да вземем предвид и второто немаловажно условие за икономия на материалите - навигацията на самия прикачен инвентар.

## **7. Автоматичен контрол на секциите**

Това решение позволява още по-прецизно да се управлява процесът на работа на селскостопанската техника в зависимост от местоположението на машината – автоматично включване и изключване на отделните секции, без участието на механизатора в сложните участъци на обработваемата площ. При работа със средствата за растителна защита прецизността има решаващо значение. Изпускането на повече препарати е не само преразход, но и води до загуби в добива, а когато количеството на препаратите е по-малко, това води до допълнителни



разходи за отстраняване на проблемите, възникващи от недостига на растителна защита. Използването на автоматичното включване и изключване на контролера за препаратите за растителна защита способства за намаляване на кръстосаното им нанасяне и съкращава разхода на агрохимическите препарати. Освен това, системата също така повишава прецизността на нанасянето, като намалява до минимум пропуските и повторното нанасяне в крайните редове, около оградите и каналите.

Автоматичният контрол на секциите сега се монтира почти на всички самоходни пръскачки. Той се осъществява чрез свързване на прикачния инвентар за обработка на земята към навигационния приемник на трактора. Всеки производител на прикачно оборудване се стреми да го обзаведе с електроника и монитор. Затова доскоро работата в синхрон на трактора и прикачния инвентар беше доста сложна задача. Сега все повече компании произвеждат техника по стандарта ISO и машините работят по системата ISOBUS (фиг. 6).



**Фиг. 6 Прикачен инвентар ISOBUS**

Задачата на производителите на такава техника е да съвместят управлението на пръскачката или другия прикачен инвентар, без излишни дисплеи. Т.е. в кабината трябва да има един дисплей, който да ръководи системата за управление на машината (трактор или комбайн) и да действа с прикачения към нея инвентар [3]. Ако пръскачката няма своя електроника, трябва да се постави електронен контролер на разпределителния ѝ клапан за отваряне на секцията, който да се съедини с контролера на трактора.

### **8. Диференцирана сеитба**

Съществува възможност за автоматизиране на процесите на диференцираната сеитба. Тази система е най-актуална за орните култури и зеленчуците. Затова диференцираната сеитба сега се използва само в сеялки за прецизно сеене. Аналогично на разпръсквателя, могат да се съвместят контролери на сеялка и трактор. Но ако сеялката е стар модел, тя трябва първо да се модернизира. Затова на сеялката се монтира хидромотор или електромуфи, които пряко се съединяват с навигационната система на контролера на трактора. Съгласно указанията, навигационната система управлява работата на сеялката така, както изключва пръскачката на завоите и при навлизането в нивата.

### **9. Променливо внасяне на препарати**

Разпръсквателите за променливо внасяне на минерални торове необходимо да бъдат оборудвани с електрическо управление. След това контролерът на трактора може да следи и регулира ширината на разкритието в съответствие с картата или цвета на азотния датчик на нитратния N-сензор. Самото преоборудване на механичните машини в електронни довежда до значителна икономия. Например, при работа на съвременен, но не оборудван с бордна електроника разпределител на минералните торове, механизаторът не може точно да контролира нормата на торене. Зато-

ва задачата на електронната система е да контролира тороподаването в зависимост от скоростта на машината – при по-висока скорост тя да е по-голяма и да подава повече минерални торове, и обратното. По същата логика действат и бордовите компютри на разпръсквачките: налягането на течността и разходът в литри трябва да се променят в зависимост от скоростта на трактора така, че количеството на подавания препарат да бъде постоянно.

#### **10. Контролери и системи за управление на инвентара**

Поливането, прилагането на торове и препарати за растителна защита, сеитбата, обработката на почвата, прибирането на продукцията и въобще всички необходими за отглеждането на реколтата дейности в прецизното земеделие се проследяват и контролират чрез системи за управление на оборудването и машините. Всеки знае какво предимство е спестяването на горива за машините, сеитбен материал, вода и препарати, което се получава, ако не се допуска припокриване на обработваните площи.

#### **11. Бордови сензори**

Сензорите, които се монтират на селскостопанските машини са част от сензорната мрежа, която е в основата на събиране на информация, необходима за прецизното земеделие. Предимството при тях е, че по време на движение и опериране на машината се събира навременна информация. Най-новите варианти на ултразвукови и оптични сензори, поставени върху подходяща част от трактора, комбайна, сеялката или пръскащата машина, проследяват движението и засичат разстояние до редовете, до растенията, наклон, количество реколтата, проследяване на плевели и т.н.



**Фиг. 7 Автопилот UniPilot**

Прилагането на подобни сензори позволява свързване с GPS и управление чрез автопилот, при което операциите се извършват с точност до 2см. Чрез дисплея в кабината операторът избира схемата на навигация и наблюдава движението на екрана. Информацията от сензорите, гарантира работа без допускане на грешки. Спестяват се труд и време, а също така е възможен непрекъснат 24-часов цикъл на работа, при необходимост от спазване на кратки срокове.

Представеният на фиг. 7 автопилот UniPilot [4] предлага функции, които повишат ефективността, производителността и гъвкавостта на извършваната работа. Автопилотът може да се монтира на широка гама селскостопански машини, като той се интегрира с GPS системата и осигурява прецизност на изпълнението.

#### **12. Софтуерни системи – стационарни и бордови**

Разнообразните софтуерни системи за прецизно земеделие включват варианти за офиса, за мобилни устройства и за безжични комуникации (фиг. 8). Стационарни-

те софтуерни системи поддържат системата за управление на събраните данни от обработваемите площи и дават възможност различните атрибути данни с пространствена определеност (т.е. геокодирани) да се съхраняват в отделни слоеве, които могат да се възпроизведат в карта един върху друг.



**Фиг. 8 Мобилно приложение**

Софтуерът за преносими устройства и безжични комуникации се отличава с лесен за разбиране и боравене интерфейс. С програмите се борави чрез смартфон, таблет, преносим компютър или модем, дисплей и бордови компютър в кабината на трактора, комбайна или друг вид селскостопанска техника. Тези устройства имат вградени GPS-приемници и позволяват позициониране, картиране и получаване на данни чрез безжична връзка. С тях в реално време можете да събирате данни от смартфон или от машините, които се движат в полето. Тази информация може лесно да се прегледа, редактира и анализира, така че да Ви помогне във вземането на решения, независимо къде се намирате. Освен това програмите позволяват бързо синхронизиране на информацията събрана от полето с тази в стационарните компютри.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Използването на съвременни автоматизирани средства за земеделие позволява да се намалят разходите и да се повиши производителността за сметка на използването на пълния контрол над посевите и разхода на торове, чрез навигацията на прикачния инвентар.

### **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] <http://agrobio.elmedia.net/bg/2013-1/editorials.html>
- [2] <http://agrobio.elmedia.net/bg/2015-6/editorials.html>
- [3] <http://tractor.bg/isobus-muller-elektronik-track-guide-ii#sthash.W5bEunGr.dpuf>
- [4] <http://tractor.bg/unipilot#sthash.NhsNBSOI.dpuf>

### **За контакти:**

Стоян Стефанов, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Специалност “Аграрно инженерство”, е-mail: [stogn\\_stognov.1997@abv.bg](mailto:stogn_stognov.1997@abv.bg).

Илиян Михайлов, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Специалност “Аграрно инженерство”, е-mail: [ilqn\\_mihajlov@abv.bg](mailto:ilqn_mihajlov@abv.bg).

инж. Чавдар Костадинов, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Катедра „Технология на машиностроенето и металорежещи машини”, тел.: 082-888 742, е-mail: [chkostadinov@uni-ruse.bg](mailto:chkostadinov@uni-ruse.bg).

**Докладът е рецензиран.**



## Обект 889

автор: Росица Стоянова

научни ръководители: гл. ас. д-р Е. Янков, гл. ас. д-р Мария Николова

**Abstract.** The present study deals with the history of bridges in the Danube river area and pays particular attention on the performance characteristics of Bulgaria-Romania Danube bridge. The results reveal the microstructure and mechanical characteristics of the low-carbon steel used in the manufacture of the bridge. The received values are compared with the indicated in the standard values.

**Key words:** Bulgaria-Romania Danube Bridge, steel, HV, microstructure, tensile test

## ВЪВЕДЕНИЕ

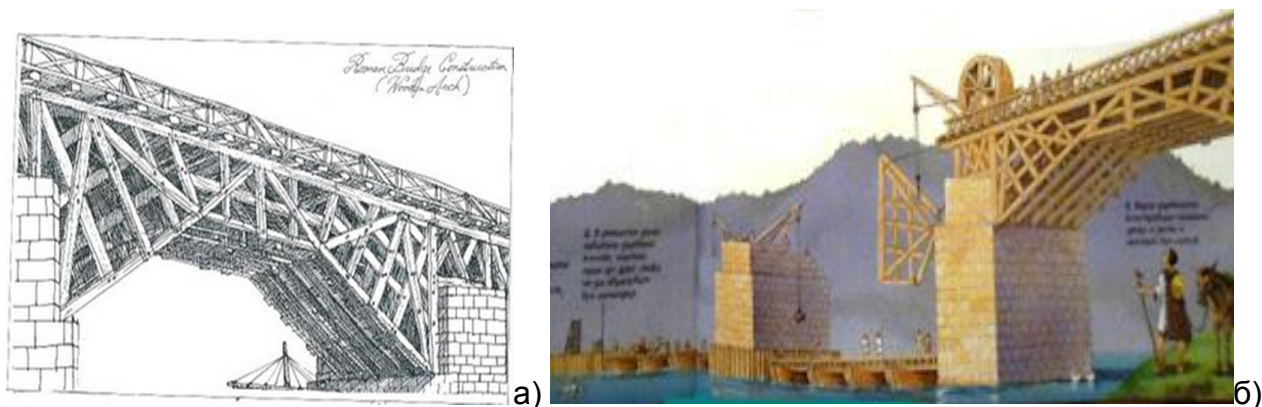
Общата дължина на главните водни магистрали на Европа е 2414.840 км. Дължината на българския участък на река Дунав е 471 км, почти 20% от общата плавателна дължина.

В исторически план за първи мост на реката се смята Траяновият. Мястото му е избрано между селищата Понтес и Дробет (днешен град Турну Северин). Той е бил най-дългият мост от Античността и първият дълготраен мост над Дунав, свързвал бреговете на Сърбия. Строен е от легионери от 102 до 105 г (фиг. 1). Мостът помага на императора за победата, а после по него се изнася плячката към Рим, разказват румънските историци. Разрушен е през 270 година, когато завоевателите напускат Дакия.



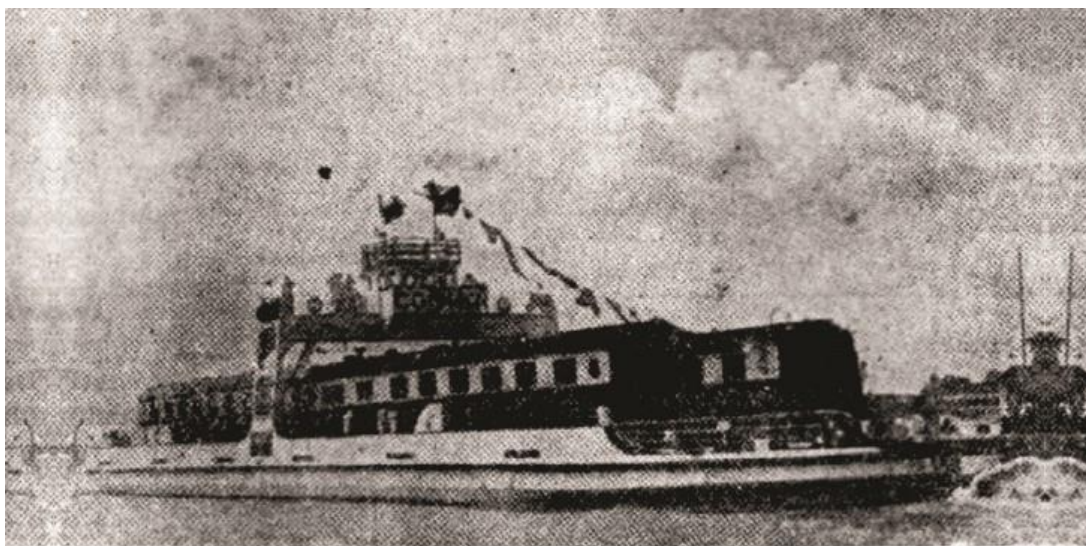
**Фиг. 1.** Легионери строят Траяновия мост (а), чиято възстановка с реални размери може да бъде видяна в наши дни (б).

Архитект на Константиновия мост (Фиг. 2) е Теофил - военен конструктор и хидроинженер. Съществувал е в късната античност (325 г.) и е свързвал Улпия Ескус – крепостта, която се е намирала край днешното село Гиген, със Сукидава - днешния румънски град Корабия. Бил е с дървена конструкция и зидани каменни основи. Разкрити са останки от крайните му опори, използвани и като порти. Под водата се намират и няколко от междинните опори. Общата дължина на моста е 2 434 метра, а ширината му е била 5.70 метра.



**Фиг. 2.** Константинов мост: а) дървена конструкция; б) стоеж на моста.

От 10 юни 1941 г. официално е открита редовна железопътна връзка между България и Румъния. Това става след пускането в експлоатация на ферибота „София“ за превоз на вагони между Русе и Гюргево. Фериботът „София“ спестява страшно много време в прехвърлянето на товари за железопътния транспорт от двете страни на Дунава.



**Фиг. 3.** Снимка на ферибота – София.

През януари 1948 г. в Букурещ България и Румъния подписват т. нар. „Договор за приятелство, сътрудничество и взаимопомощ“. През юли 1951 г. се подписва от членките на СИВ протокол за построяване на „Мост на дружбата над река Дунав“, декември същата година тогавашния Съветски съюз подписва специално споразумение за участие в строителството на моста като страна с ангажимент към проектирането, технологичното и финансовото осигуряване. Именно тогава съоръжението Дунав мост получава наименованието „ОБЕКТ 889“ и всичко по проектирането и строежа, към него момент е било строго секретно.

Доц. Русева, която стъпва едва 16 годишна на обекта, коментира: „Бяхме страшно влюбени в работата си, много романтично гледахме на всичко, имаше огромен ентузиазъм“.

В техникума идват хора, които търсят кандидати за изграждането на моста и така девойката и нейни съученички започват работа през ваканциите на строежа на моста. Работата на обекта е денонощна, като възнаграждението е било над средното за Русе.



На строежа жени почти няма, а ръководителите на различните групи за руски специалисти. Доц. Русева е назначена в подстанцията, заради образованието си, а най-големия ужас изживява една нощна смяна: "Беше към два и половина през нощта, аз бях съвсем сама в подстанцията. Изведнъж става късо съединение и целият обект угасва, всичко и в тъмнина. Ние не бяхме тренирали, ако стане това, какво да правим. Аз само знаех, че обектът не бива да остава повече от 5 минути без електричество, защото бяха започнали да работят т.нар. кесони, където ще бъдат устоите на моста в реката. Това представлява един конус, като дъното на конуса е горе, а конусът се забива в реката, изпомпва се водата и целият този конус се обгражда плътно със стена от метал. Тогава слизаха работниците, които работеха в този пресечен конус, под налягане. И целият ужас беше за тези хора, защото, ако спре токът, не може компресорите да работят и те умираха". За щастие аварията е отстранена бързо и до инциденти и щети не се стига.



**Фиг. 4.** Работни дейности по моста (а); б) разрез на стоманените ферми при опората; в) зима-1952/53г; г) завършените виадукти.

**Табл. 1.** Технически характеристики на Дунав мост - симетрична комбинирана конструкция

|                                                 |                        |
|-------------------------------------------------|------------------------|
| Дължина (между двете колони)                    | 2224 м                 |
| Брой на опорите                                 | 38                     |
| Подвижна част                                   | 86 м. пр. греда        |
| Височина на издигане над нивото на железния път | 7.60м                  |
| Разгъната площ на стоманените конструкции       | 184 660 м <sup>2</sup> |
| Разгъната площ на бетонните повърхности         | 10 000 м <sup>2</sup>  |
| Фондиране на опорите                            | кесонно                |

Изпитвателна машина ZDM-50 (Фиг. 5) е закупена за изпитване на материалите полагани при сроежа на моста. След преключване на строежа машината е на съхранение в драгажния флот, за изпитване на металите използвани за направата на кофите, с които се изгребва пясък от дъното на реката.

След откриване на специалност за машинни инженери в РУ (1978 г.) и се строи заводско хале, машината се транспортира и монтира в него за изследователска и научна дейност. В днешни дни ZDM-50 все още се използва за учебни цели. Изпитвателната машина е модернизирана през 2012 г., като частите за цифровизация са закупени по проект Д002-158/2008 „Симулиране на процеси на пластично деформиране на ултрадисперсно-структурирани алуминиеви сплави” финансиран от Националния фонд „Научни изследвания”. През 2014 г. е закупена компютърна система, като се разработва софтуер за събиране на данни от изпитването – цифрово (с компютър) и с възможност и аналогово събиране на данни (индикаторен часовник и хартия с писалка).

**Фиг. 5.** Изпитвателна машина ZDM-50 след модернизация

Целта на настоящото изследване е да се установят основните микроструктурни и механични характеристики на стомана, чийто аналог е използван за направата на моста над Дунав, свързващ Русе с Гюргево.

## МЕТОДИКА НА ЕКСПЕРИМЕНТА

Стомана 20А е конструкционна, нисковъглеродна, висококачествена, с по-голяма якост от обикновената, с понижена заваряемост и пластичност. От стомана 20А се изработват тръби, фланци, ферми и др. опериращи от -20 до 425°С.

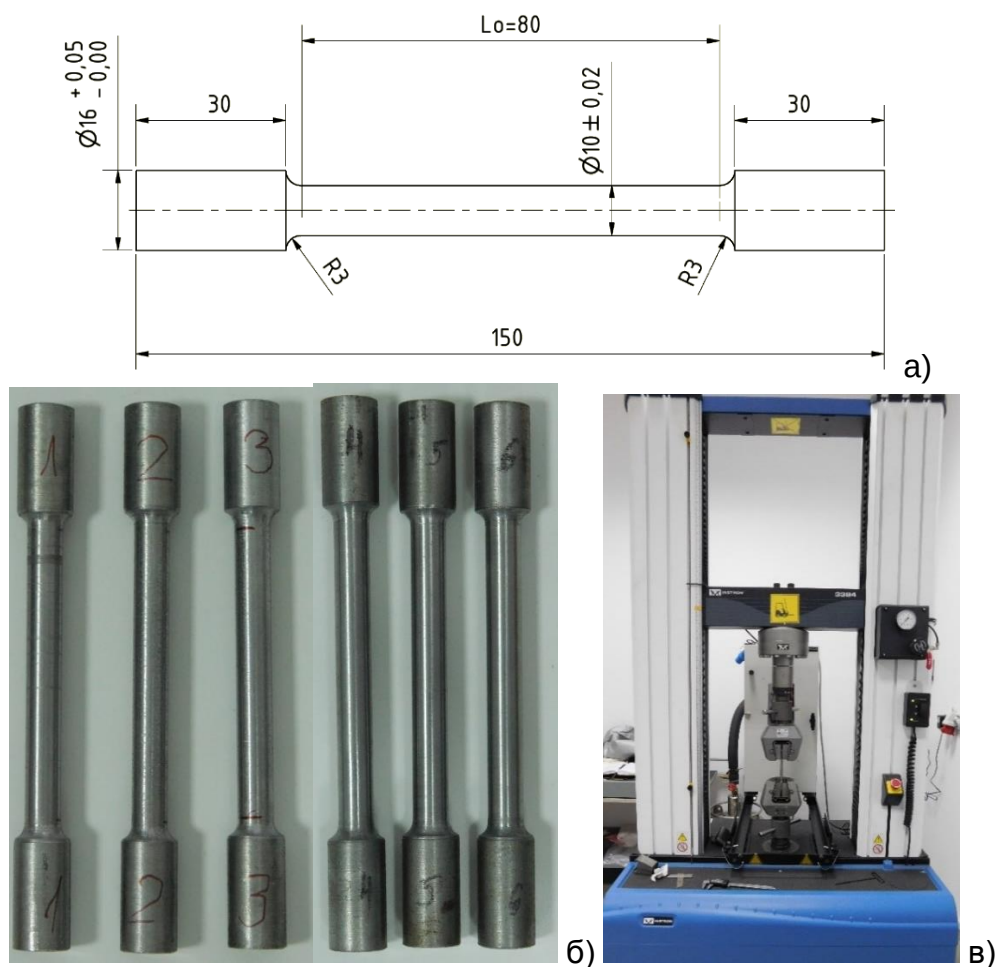
**Табл. 2** Справочни данни за химичния състав на стомана 20А.

| Елемент             | C         | Si        | Mn        | Ni   | Cr    | Cu   | P+S     | Fe   |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|------|-------|------|---------|------|
| Съдържание, тегл. % | 0.17-0.24 | 0.17-0.37 | 0.35-0.65 | <0.3 | <0.25 | <0.3 | <0.025* | Ост. |

\* За стомана 20 допустимото съдържание на S<0.04, а на P< 0.035 [2].

При изследването е използвана стомана 20, която включва в състава си по-високо съдържание на S и P, което ще понижи механичните характеристики на материала.

За металографско наблюдение е използван образец с размери  $\varnothing 20 \times 10$ , който е шлифован последователно с комплект от шкурки с номера: P220, 400, 600, 800 и 1000 и полиран с паста ГОИ. След това е проявен с 3% алкохолен разтвор на азотна киселина (Нитал). Цифровите изображения са получени чрез металографски микроскоп Nikon с помощта на 14 Mpix камера.



**Фиг. 6.** Изпитване при едномерен равномерен опън а) размери на пробното тяло по стандарт БДС EN 10002-1, б) физически изработени пробни тела, в) изпитвателна машина „Instron 3384“

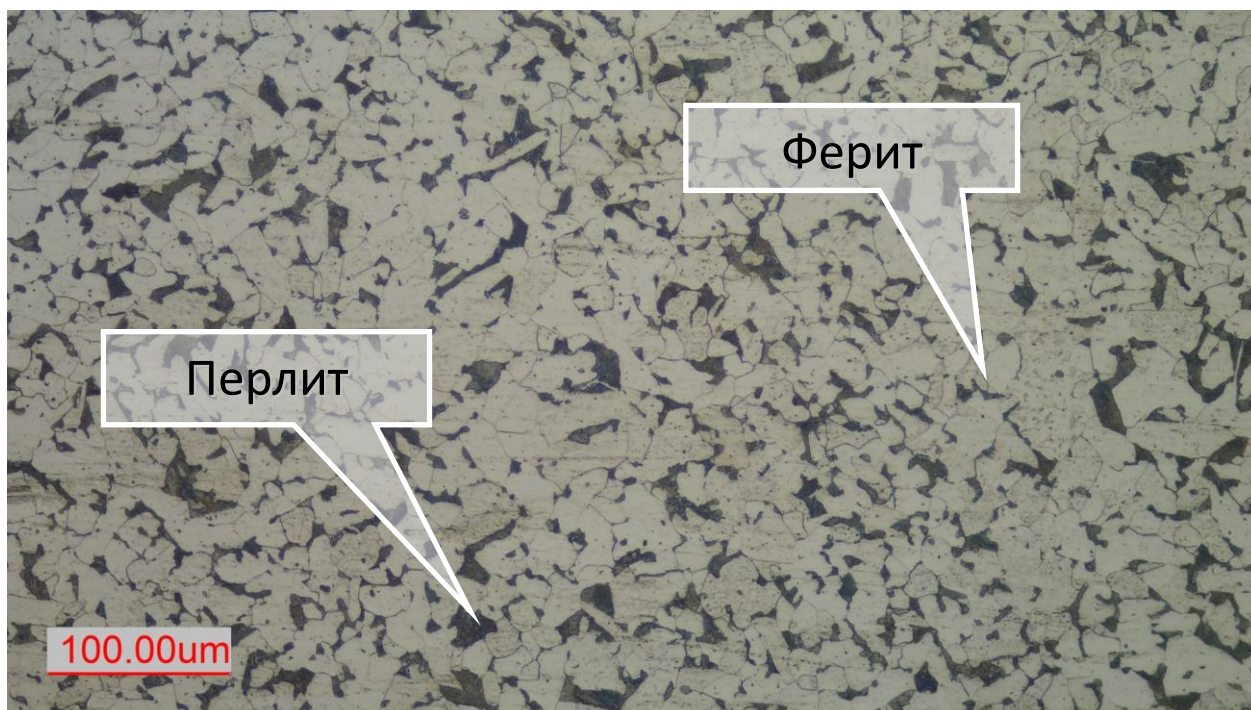


За измерването на твърдостта е използван стационарен Викерсов твърдомер Vickers Hardness Tester 432 SVD на Wilson Wilpert и натоварване 5 kg и стъпка 500  $\mu\text{m}$ . Десет последователни измервания са осреднени, за да се получи достоверност на резултата. Определянето на твърдостта на стомана е направено в състояние на доставка.

За определянето на механичните свойства на конструкционната стомана са изработени 6 броя пробни тела по стандарт БДС EN 10002-1 (фиг.6.а, б) за едномерен равномерен опън. Началния диаметър на пробата е приет да е с диаметър  $d_0 = \varnothing 10 \text{ mm}$  и начална изчислителна базова дължина  $L_0 = 80 \text{ mm}$ , а общата дължина да е  $L_c = 100 \text{ mm}$ . Изследването е осъществено на универсална изпитвателна машина „Instron 3384“ (Фиг. 6 в) при постоянна скорост на натоварване 10 mm/min. Изследването продължава до 40 % падане на натоварването. Двата критерии са зададени в разработения метод на изпитване в софтуерен продукт „Bluehill 3“. За всеки един опит на изпитване се измерват с електронен шублер отклоненията на началните параметри  $d_0$  и  $L_0$  с точност до 0.01 mm и се въвеждат в разработения метод като корекция за правилно преизчисление. Предвидено е и въвеждане на промяната на  $d_0$  и  $L_0$  след изпитването т.е.  $d_k$  и  $L_k$  в разработения метод за правилно изчисляване на механичните характеристики.

## РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

На Фиг. 7 е показана микроструктурата на изследваната стомана. Формата и разположението на по-тъмно изглеждащия перлит във феритната матрица от равноосни светли зърна подсказва за проведена нормализация на стоманата. Дребнозърнестата равномерно разпределена ферито-перлита структура след нормализация гарантира уеднаквяване на механичните свойства на материала в различните му направления. В микроструктурата не се открива присъствие на сулфидни включения.



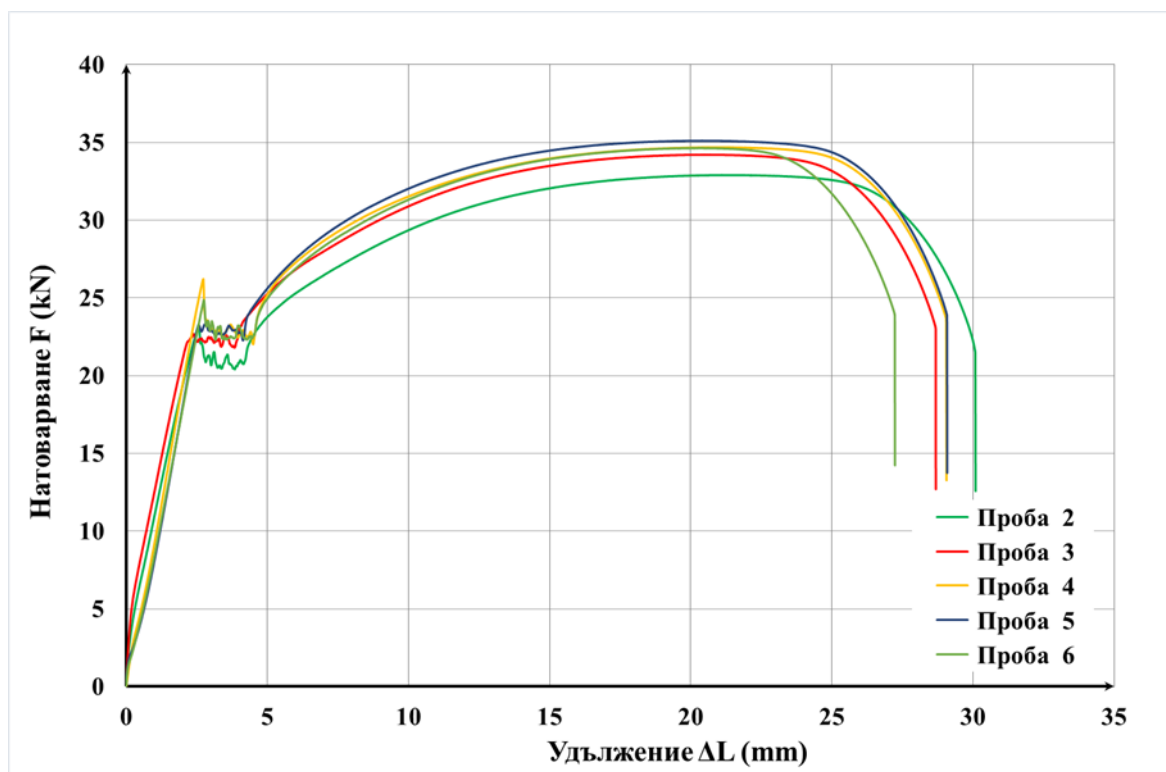
Фиг. 7. Микроструктура на стоманата в състояние на доставка



Измерената твърдост на стомана е в границите HV  $158.02 \pm 9.59$  или много близка до посочента за марката твърдост HB 163 след отгряване [3].

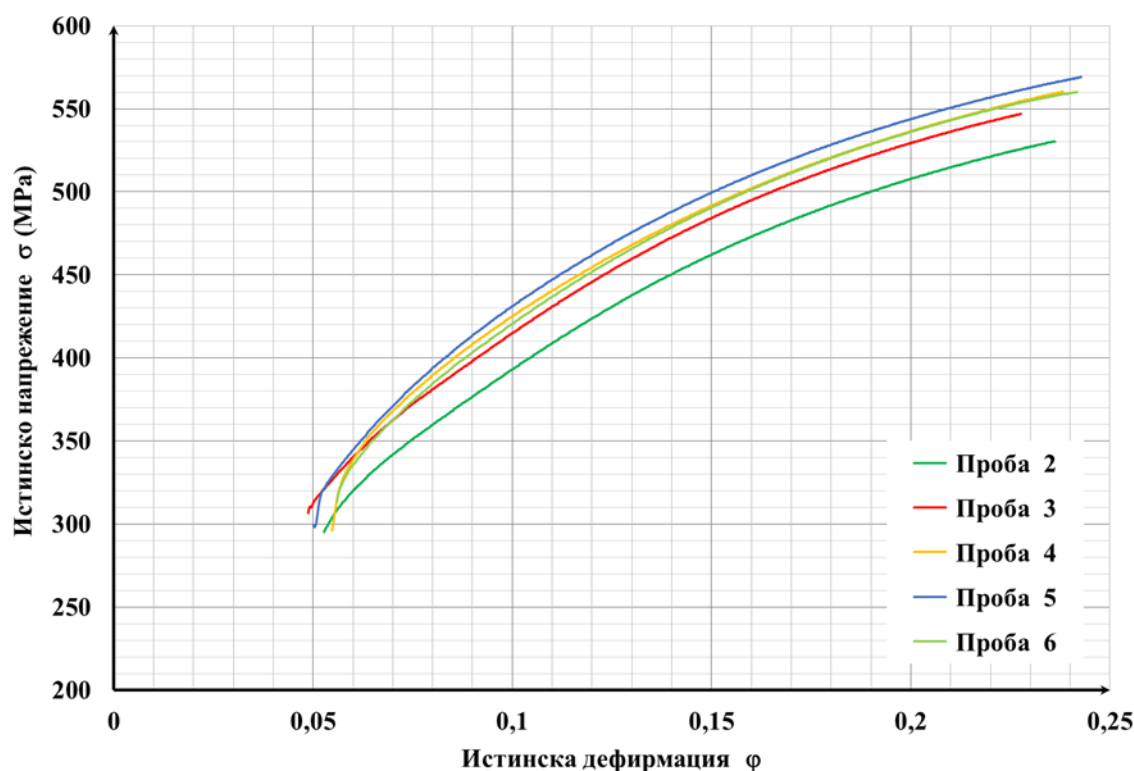
От проведения експеримент за определяне на механичната якост е изключена пробата 1 поради силно различаващи се в индикаторната диаграма от останалите пробни тела т.е. наличие отместване и различен модул на еластичност в първия етап на диаграмата. Представителните индикаторни диаграми са показани на фиг. 8 за сравнение и определяне границите на отклоненията от механичните характеристики на изследвания материал.

От сравнителната индикаторна диаграма се установчва, че модулът на еластичност е в границите спрямо стандартните за този материала. Диаграмите са с ясно изразена площадка на провлачване, характерна за нисковъглеродните стомани. Физическата горна граница на пропорционалност се изменя в интервала до 51 MPa, т.е. от 279 - 330 MPa, а долната граница на пропорционалност (най-ниското напрежение при провлачване на сплавта) се изменя по-слабо е в интервала от 267 – 287 MPa, т.е. в границите до 20 MPa. Максималната относителната деформация при разрушаване не превишава 38 % и е в интервала от 34.05 % до 37.62 %, а максималното относителното напрежение при максимално натоварване е в границите от 428.18 – 450.48 MPa и не надхвърля 460 MPa. Тези резултати показват, че материалът е сравнително хомогенен и е бил термообработен след последната технологична операция.



Фиг. 8. Първични индикаторни диаграми

Получената индикаторна диаграма не е достатъчна за сравнение с други изследвания, поради разликите в напрежените сечения на изпитване при различни предходни изследвания. Затова на база индикаторната диаграма е построена диаграмата на истинските напрежения - истинските деформации (Фиг. 9). Тази диаграма дава възможност да се сравнят получените резултати с други подобни (по-стари или съвременни) изследвания за същата марка стомана.



Фиг. 9. Диаграма на истинските напрежения и деформации

Степента на истинската деформация не превишава 25 %, т.е. изменят се в интервала от 22.77 % до 24.26 %, а максималната истинска деформация варира от 530.42 – 569.11 MPa. Тези резултати показват сравнително тесни граници на изменение на истинската пластичност и истинската деформация при изпитване в стайна температура 23.7°C. В експлоатационни условия тези граници биха се променяли в други интервали. Това може да окаже благоприятно или неблагоприятно в критични условия.

**Табл. 3.** Сравнение на някои показатели на стомана според ГОСТ 1050-88 и тези, определени в настоящото изследване.

| Механични и физични свойства              | Показател по ГОСТ 1050-88 (стомана 20) | Показател, определен експериментално |
|-------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|
| Твърдост по Бринел                        | 163                                    | 158.02                               |
| Плътност                                  | 7.85 g/cm <sup>3</sup>                 | 7.85 g/cm <sup>3</sup>               |
| Относително удължение                     | 25                                     | 26.08 – 27.75 %                      |
| Относително свиване                       | 55 %                                   | 45 - 48 %                            |
| Коефициент на Poissons                    | 0.29                                   | 0.29- 0.30                           |
| Специфичен топлинен капацитет             | 450 J/kg-K                             | -                                    |
| Якост на опън                             | 410 MPa                                | 428.18 – 450.48 MPa                  |
| Граница на провлачване                    | 245 MPa                                | 279 - 330 MPa                        |
| Коефициент на термично разширяване (20°C) | 11.9.10 <sup>8</sup> °C <sup>-1</sup>  | -                                    |
| Устойчивост на студена крехкост           | -70 - -85 °C*                          | -                                    |

\* Посочените стойности се отнасят за стомана 20A.

Установените по-висока якост, граница на провлачване и относително удължение от посочените в стандарта показват по-добро механични свойства на изследвания материал, дължащи се най-вероятно на химичния състав на стоманата и по-

точно на ниското съдържание на вредните примеси S и P.

На фиг. 10 е посочена снимка от пробното натоварване на моста преди пускането му в експлоатация, което е установило пригодността на съоръжението.



Фиг. 10. Пробно натоварване.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Микроструктурният анализ на изследвания материал показва равномерно разпределена ферито-перлита структура получена след нормализация. Измерената твърдост кореспондира с тази, посочена по стандарт за стоманата.
- Ясно изразена е физическата границата на провлачване, където горната граница на изменение не превишава 51 МПа, а долната граница не повече от 20 МПа;
- Относителната деформация при разрушаване не превишава 38 % и е в интервала от 34.05 % до 37.62 %, а максималното относителното напрежение при максимално натоварване е в границите от 428.18 МПа до 450.48 МПа и не надхвърля 460 МПа;
- Истинската пластичност и истинската деформация достигат не по големи стойности от  $\varphi = 24.26 \%$  и  $\sigma = 569.11 \text{ МПа}$  и се изменят в сравнително тесни граници, т.е. не повече от  $\varphi = 1.49 \%$  и  $\sigma = 65.69 \text{ МПа}$ ;
- Интерес представлява изследването на изменението на механичните характеристики при ниски и високи температури, при каквито критични условия е предвидено материала да бъде използван.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Иван Гогев, Светлана Иванова, Ивайло Баиров, Пламен Ценов, Юбилейно издание: 60 години Дунав мост Русе – Гюргево, Издателство Vip style – 2014 г.
- [2]. [http://www.splav-kharkov.com/en/e\\_mat\\_start.php?name\\_id=1](http://www.splav-kharkov.com/en/e_mat_start.php?name_id=1);
- [3] <http://www.konarspb.ru/steel-20>;

**За контакти:**

**Росица Стоянова**, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Специалност “МКМ”,  
e-mail: [stognova.rosi@abv](mailto:stognova.rosi@abv)

**Гл.ас. д-р инж. Емил Христов Янков**, Русенски университет “Ангел Кънчев”,  
Катедра „Материалознание и технология на материалите“, тел.: 082-888 205, e-mail:  
[eyankov@uni-ruse.bg](mailto:eyankov@uni-ruse.bg)

**Гл.ас. д-р Мария Пламенова Николова**, Русенски университет “Ангел Кънчев”,  
Катедра „Материалознание и технология на материалите“, тел.: 082-888 205, e-mail:  
[mpnikolova@uni-ruse.bg](mailto:mpnikolova@uni-ruse.bg)

**Докладът е рецензиран.**



## Използване на цифрови технологии за възстановяване на прецизни отливки

автор: Людмила Гочева

научени ръководители: доц. д-р Руси Минев, гл. ас. д-р Емил Янков

**Abstract:** Precision metal casting methods are widely used in machine building, fine mechanics, microtechnology, jewelery, dental medicine and implantology. The main idea of the method consists in the production of highly accurate models of easily melting and evaporating materials (thermoplastic polymers, waxes, etc.) or the production of models for repeated use with high precision of production. In the search for a cost reduction solution, an approach has been adopted to create a model of worn gear gearbox with locking mechanism through 3D printing. CAD models for casting into single-shot molds have been developed, ensuring their precision. A 3D 3D printing system Formlabs 2 is selected with the possibility of obtaining physical models with an accuracy of up to 25  $\mu\text{m}$ .

**Key words:** Model casting, 3D Printing, Rapid prototyping, CAD/CAM system.

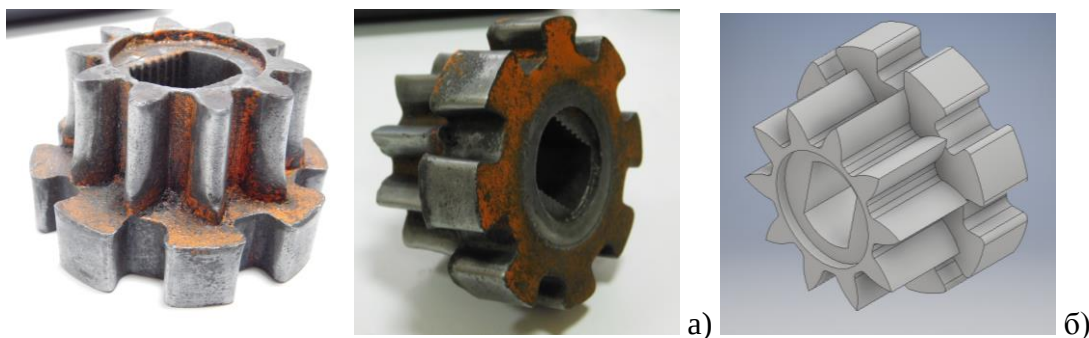
### ВЪВЕДЕНИЕ

Съвременните методи за прецизно леене широко използват модели получавани чрез послойни технологии за изграждане, т.н. методи за бързо прототипиране или 3D принтери [1]. Към разглежданите методи и технологични подходи спадат и тези за изработване на художествени отливки, рекламни материали (плакети), трофеи, медали, мемориални знаци и др. при които освен отдавна утвърдилите се технологични процеси - леене, заваряване, коване, фрезование, дърворезба и др. се използват методите за цифрово получаване на виртуални компютърни модели чрез сканиране и/или използване на CAD/CAM компютърни системи. Все по-голямото търсене на оптимални методи намаляващи себестойността на подобни единични изделия налага търсенето на нови решения. Едни от тези методи са бързо прототипиране с използване на стопяеми модели от восък или с използване на 3D принтери [2, 3]. Именно тази технологична верига е обект на настоящата разработка.

### Проблем. Същност на проблема.

В машиностроенето често пъти се износват задвижващите механизми като зъбни колела, валове, барабани, ремъчни шайби и др. в следствие на голямото натоварване. Такова е изделието което е обект на възстановяване чрез съвременни технологии за прецизно леене. Износеното изделие е с ясно изразен променен профил на зъбния венец, показан на фиг.1.а. Установено е, че първоначалният размер на профила е наличен само в долната част на изделието, където зъбната двоица не е контактувала. За да се вземе геометрията на профила могат да се използват стандартни методи на измерване (профиломер, шублер, микрометър и др.) и съвременни методи за измерване (лазерни измервателни и сканиращи системи).





Фиг. 1. Детайл „Зъбно колело със заключващ механизъм“ - а) износен модел; б) възстановен цифров CAD модел

### Избор начина на получаване на износеното изделие.

Получаването на геометричната форма и размерите на зъбното колело е използвана лазерна сканираща система “DAVID 2” подобрена с контрол на движението на лазера и подобрен синхронизиран сигнал на образа [4]. Полученият сканиран образ се състои от облак от точки, които свързвайки се с линии между тях образуват равнини описващи геометрията на модела. За коректното възстановяване на зъбния профил са взети геометричните еволвенти в дъното на зъбния венец, където не са износени. Чрез получената геометрия на зъбния венец е възстановена геометрията на зъбите до максималната ширина (фиг.1.б). Полученият повърхнинен модел се конвентира от черупков в обемен плътен детайл. Полученият вече 3D детайл е готов за изработване чрез съвременни 3D принтиращи системи.

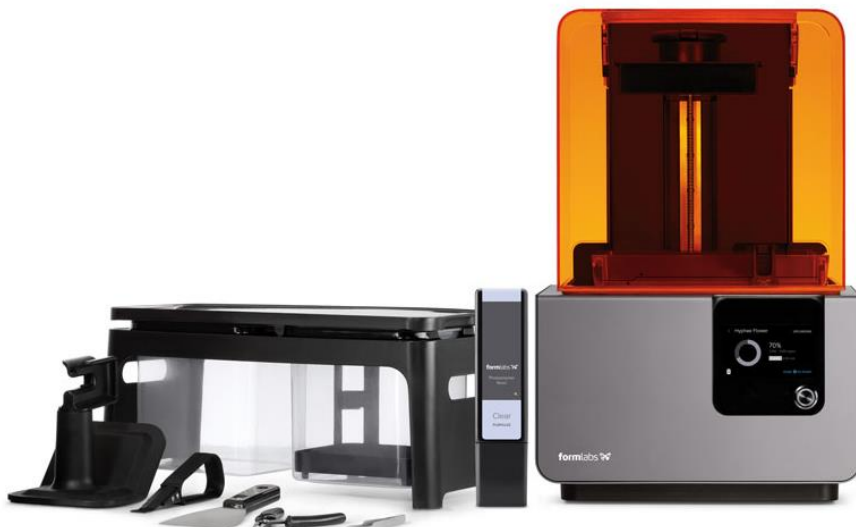
Педоставеният детайл е с ясно изразена структура на повърхността получена чрез леене в еднократна пясъчна форма. Ясно изразена е и разделителната линия намираща се между зъбната предавка и заключващия механизъм. От така направения преглед детайлът ще бъде разделен на две части, зъбна предавка и заключващ механизъм при изработването на моделно касовата екипировка. За лесното получаване на зъбното колело и неговото освобождаване от формата е избран варианта зъбите да са разположени в долната полуформа, а заключващия механизъм в горната полуформа. В средата на зъбното колело е изработен отвор с плоско-паралелни страни. За получаването му е необходимо изработване на леярско сърце. Формата на сърцето описва формата на вътрешния отвор, а също и отворите в двете чела. Допълнително за закрепването на сърцето са предвидени фиксиращи марки. За лесното освобождаване на моделната екипировка на сърцето ще бъде разделено на две части. За изработването на сърцето се предвижда изработване на сърцева кутия, която ще бъде делима по височината на сърцето. Всичките модели ще бъдат изработени от фотополимерна пластмаса чрез принтираща система Formlabs 2.

### Избор на метод за получаване на 3D модели

Лабораторията по леене и бързо прототипиране на катедра „Материалознание и технология на материалите“ разполага с два метода за получаване на 3D модели чрез принтиране [2, 5]. Принтерът работещ с пластмаса под формата на нишка, която се екструдира през дюза гарантираща точност на всеки слой до не повече от 0,1 mm за изграждане. Този вариант е неподходящ за получаването на зъбното колело. Вторият принтер Formlabs 2 (фиг.2) работи с течен фотополимер [6]. Изграждането на всеки един слой се осъществява чрез осветяване на изграждания слой с UV лазер. Точността на всеки един слой е гарантирана от оптичната и механична системи на принтера до 25  $\mu\text{m}$ . От разгледаните два метода на получаване за изработването на моделно-касовата екипировка е избран принтер Formlabs 2 с фотополимерна пластмаса “CLIR”, която е налична в лабораторията.



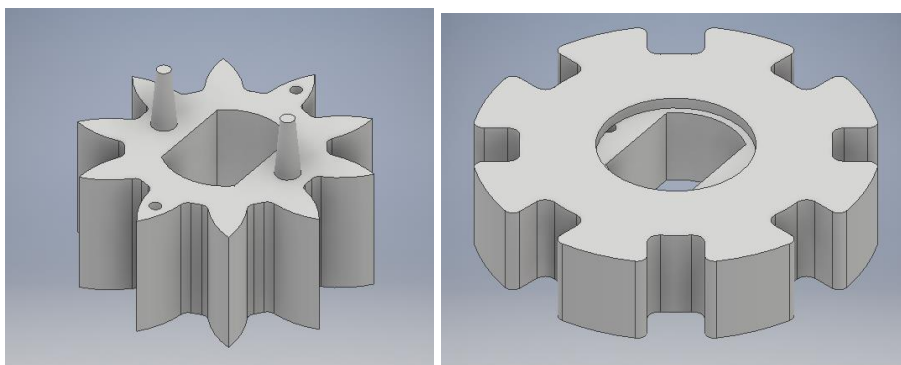
Изработването на моделите ще се осъществява с най-високата възможна точност на принтера.



Фиг. 2. 3D Принтер "FormLabs 2"

#### Получаване на цифров модел и моделно-касовата екипировка

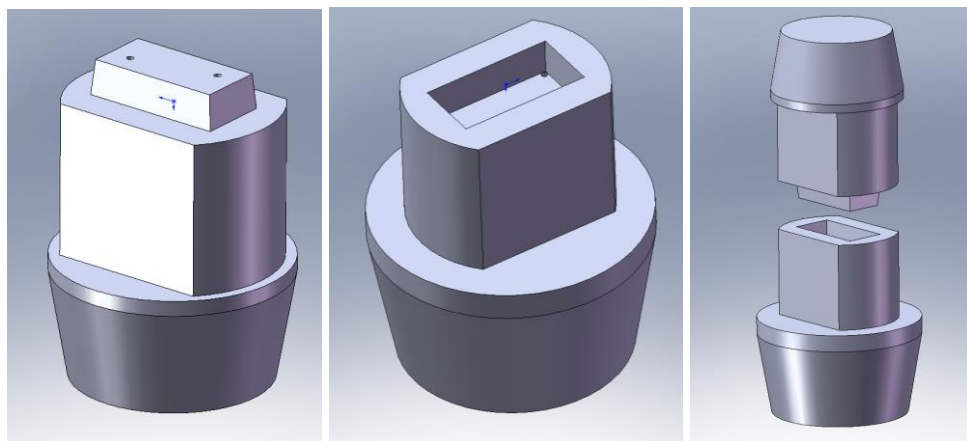
Създаването на модели в последните години се извършва чрез CAD/CAM системи, които дават възможност за намаляване на разходите и времето за изработване на моделно-касова екипировка. Освен това с навлизането на 3D принтирането този процес се ускори значително. За получаването на цифровите модели е използвана CAD система SolidWorks налична в лабораторията. Създаденият цифров модел на зъбното колело е разделен на две части – зъбна предавка и заключващ механизъм. Тези два модела ще послужат за формообразуване на леярската кухня (фиг.3).



Фиг.3. Цифрови модели – а) зъбна предавка; б) заключващ механизъм

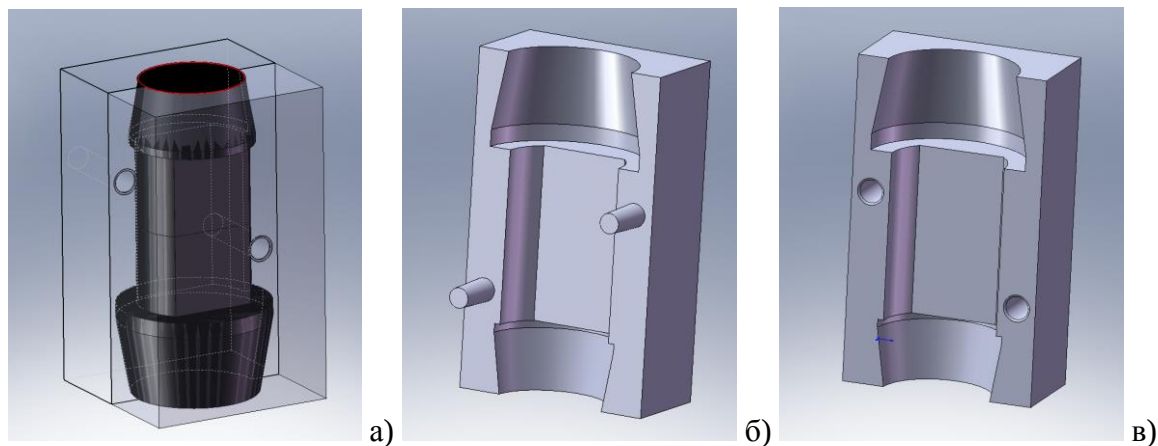
Отворът в средата е с диаметър 30 mm в който ще е необходимо да се изработи леярско сърце. Поради делимостта на модела ще се наложи сърцето също да бъде съставно. За придържането на модела във формовъчната смес ще се зареботят и двете марки – горна и долна. Размерите на сърцето с марките ще се вземат от формата на централния отвор и освобождаващите ги отвори в челата на зъбната предавка и заключващия механизъм. Получените марки с делимото сърце са представени на фиг. 4. Половината от сърцето е свързано с долната марка, а другата половина с горната марка. За правилното фиксиране на двете части е

предвидена водеща правоъгълна пирамида, която в единия модел е изпъкнала, а в другия е вдлъбната. При така получената геометрия на сърцето с марките може да се проектира и сърцевата кутия.



Фиг.4. Цифрови модели на марките и сърцето: а) долна марка и част от сърцето, б) горна марка и половина от сърцето, в) общ вид на сърцето и марките.

Сърцевата кутия най-често се изработва от дърво или метал състояща се поне от две или повече части. При изработването на сърцевата кутия за разработеното сърце ще се използва фотополимерната пластмаса. За лесното изваждане на сърцето с марките от сърцевата кутия е предвидено делителната равнина да минава през диаметъра на сърцето, т.е. най-благоприятната равнина на разделяне. Кутията е изработена с формата на паралелепипед в който е формообразувано сърцето и марките показан на фиг. 5. За правилното центроване на двете части от сърцевата кутия са предвидени центроваци щифтове в едната половина и центроваци отвори в другата половина.



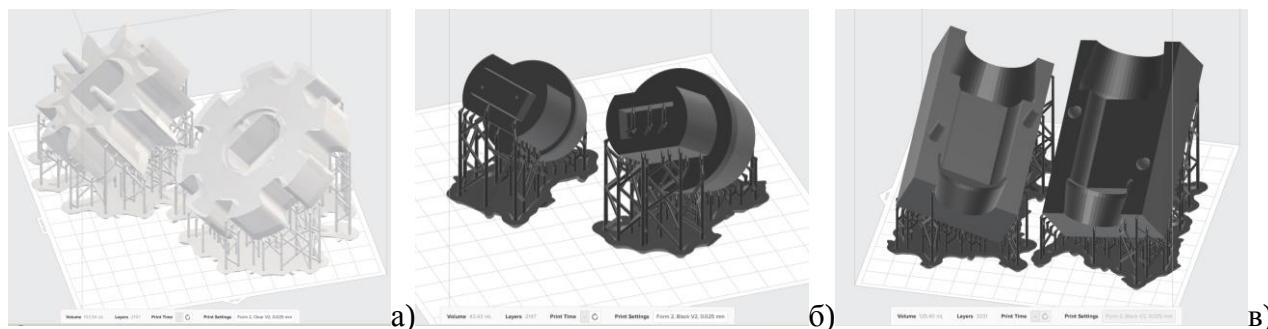
Фиг. 5. Цифров модел на сърцевата кутия: а) получаване на формообразуващ отпечатък и избор на разделителна линия; б) дясна полуформа на сърцевата кутия, в) лява полуформа на сърцевата кутия

### Получаване на физически модели чрез 3D принтиране.

Разработената моделно-касова екипировка се запазва в подходящ формат за 3D принтиране. За избрания принтер необходимите формати за преподготовка за принтиране са два - \*.STL и \*.OBJ. Освен това важен етап е и големината на крайните елементи при омрежване. Колкото по-големи са елементите толкова по-груба ще е получената повърхност на принтиране. За принтирането на разработени-

те модели е взето под внимание точността на принтера, необходимите формати за преподготовка, така че да се получат детайли с възможно най-голяма съответствие с цифровите модели.

За да се изработят моделите като физически принтерът е снабден със софтуерен продукт "PreForm" за подготовката му на принтиране. Всеки модел се вмъква в софтуерния продукт и се разполага на работната маса. Поради особеността на принтера (масата е обърната обратно и детайлите висят) е необходимо да се генерират придържащи подпори които задържат модела в процеса на изграждане. Чрез софтуерния продукт се задават вида на подпорите, тяхното разположение, големина и вида на придържащата основата. Тези параметри зависят от геометрията на модела и неговата маса. За всеки един модел са уточнени броя на поддържащите подпори, големината на връзката между детайла и подпората, стъпката между подпорите и основния придържащ пояс. Установен е и оптималният ъгъл на разположение на детайлите показани на фиг.6.

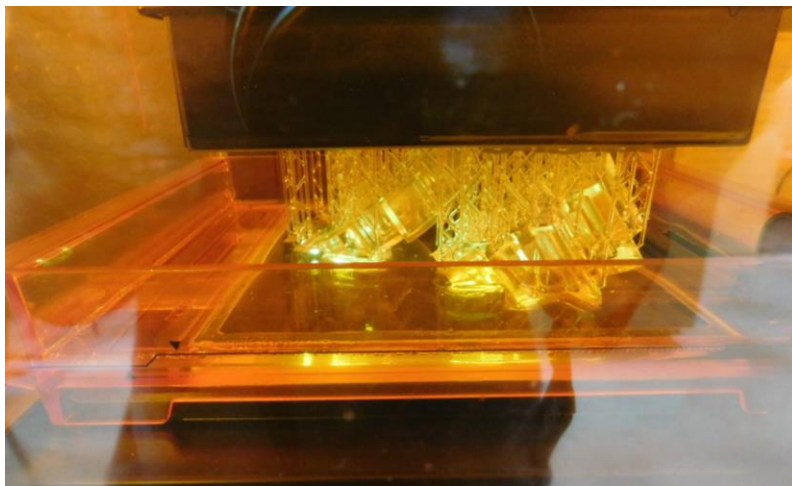


Фиг. 6. Подготовка за 3D принтиране на: а) зъбното колело със заключващ механизъм; б) леярски марки и сърце; в) сърцева кутия

Принтирането на моделно-касовата екипировка ще се извърши за три последователни серии. Това се налага поради невъзможността детайлите да се съберат наведнъж в работното пространство. В първата серия от принтиране в работното пространство са поставени зъбната предавка и заключващия механизъм (фиг.6.а). Необходимото количество обем фотополимер за изграждане на моделите с подпорите е 103,94 ml, а броят на слоевете за изграждане на целия модел е 2747 бр. при дебелина на един слой 25  $\mu\text{m}$ . Необходимото време за изработване е 17:24 часа. Подготвеният вариант на принтиране е изпратен към бордовия компютър на принтера за принтиране и е показан процеса на изграждане на фиг.7.

На втората серия са заложили детайлите на сърцето и марките (фиг. 6.б). Необходимото количество фотополимер за изработване е 43,43 ml с подпорите. При дебелина на слоя 25  $\mu\text{m}$  за изграждането на целия модел ще са необходими 2147 слоя. Времето за изработване е 10:33 часа. Изработването на сърцевата кутия е третата серия на принтиране (фиг.6.в). Количеството фотополимер за изработването на касовата екипировка с подпорите е 125,40 ml. При зададената дебелина на слоя 25  $\mu\text{m}$  за изграждането на двата модела ще са необходими 3231 слоя. Времето за изработване е 20:20 часа.

Общото количество фотополимерна пластмаса за изработване на моделно-касовата екипировка е 272,77 ml и време за изработване 48:13 часа, тоест до три дни. Полученият резултат показва, че времето за изработване на моделно-касовата екипировка се съкращава многократно. От друга страна получените детайли чрез принтиране са със много висока точност, което предполага получаването на детайла "зъбно колело със заключващ механизъм" да е с висока точност.



Фиг. 7. 3D принтиране на зъбното колело със заключващ механизъм.

Получените физически модели чрез 3D принтиране се измиват в вани с изопропилов алкохол за премахване на налепналата фотополимерна пластмаса на повърхността на детайлите. Изсушаването и доизпичането на моделите се извършва с UV лампа за период от 10 до 15 минути. Получените модели на зъбната предавка, заключващия механизъм, сърцето с марките и сърцевата кутия са представени на фиг. 8.



а)



б)



в)

Фиг. 8. Физически 3D принтирани модели: а) зъбното колело със заключващ механизъм; б) леярски марки и сърце в) сърцева кутия

Получената моделно-касова екипировка е с значително по-ниска себестойност ако трябваше да се изработи по класическия начин на създаване на модели за еднократни пясъчни форми. Себестойността на използвания фотополимер е 87,29 лв., а изразходваната енергия е 2,17 kW, т.е. 0,46 лв. Себестойността за изработва-



нето на моделите, амортизацията и преподготовката за принтиране не са включени на този етап.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От направеният опит за получаване на модели за леене и моделно-касова екипировка за сърце и сърцева кутия се установи, че:

- Избраният принтер може да създаде с достатъчно висока точност проектираните с CAD системи цифрови модели.
- Получената моделно-касова екипировка може да бъде използвана не само за еднократно получаване на зъбната предавка, но и за многократно получаване на изделиято.
- Времето за изработване на моделно-касовата екипировка се съкращава и себестойността се намалява над три пъти.
- Разработеният метод за получаване на моделно-касова екипировка чрез бързо прототипиране в областта на леенето с помощта на 3D принтер ще бъде използван в учебния процес за обучението на студенти – бакалаври и магистри, както и докторанти.
- Предложената методика за получаване на моделно-касова екипировка може да се доразвие с изследване на отклоненията след 3D принтиране и последващо отливане на реален детайл, като се коригират размерите на 3D CAD моделите със съответните установени разширения или свивания.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Минев Е., Е. Янков, Р. Минев. Влияние на технологичните параметри на REPRAP 3D принтер върху точността и граповостта на получаваните модели.// XXII International Scientific Technical Conference FOUNDRY 2015, Pleven, 2015, брой 12, стр. 29÷32, ISSN 1310-3946;
- [2] Minev E, E. Yankov, R. Minev. The RepRap 3D Printers for metal Casting Pattern making - Capabilities and Application. IN: On Innovative Trends in Engineering and Science (SFITES 2015),, Kavala, Greece, Parnas Publishing House, 2015, pp. 122-127, ISBN 978-954-8483-35-6;
- [3] Minev E., E.Yankov, R.Minev. The RepRap printer for metal casting patternmaking - capabilities and application. IN: Труды VIII Международной научно-практической конференции „Прогрессивные литейные технологии“, НИТУ МИСиС, Москва, 2015, pp. 300-303, ISBN 978-5-9903239-3-3;
- [4] Янков Е., Изпитване на листови материали при двумерен опън чрез хидравлично издуване, Дисертационен труд, 2015, стр. 182
- [5] Проект 2014-ФМТ-02, Разработване на интегрирана технологична верига за прецизно вакуумно леене по стояеми модели изградени чрез бързо прототипиране, Ръководител доц. д-р инж. Р. Минев;
- [6] [https://formlabs.com/3d-printers/form-2/?utm\\_content=main-nav](https://formlabs.com/3d-printers/form-2/?utm_content=main-nav)

### За контакти:

**Людмила Спасова Гочева**, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Специалност “Материалознание и технологии”, e-mail: [lyudmila.gocheva@abv.bg](mailto:lyudmila.gocheva@abv.bg);

**Доц. д-р инж. Руси Минев Минев**, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Катедра „Материалознание и технология на материалите“, тел.: 082-888 305, e-mail: [rus@uni-ruse.bg](mailto:rus@uni-ruse.bg);

Гл.ас. д-р инж. Емил Христов Янков, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Катедра „Материалознание и технология на материалите“, тел.: 082-888 205, e-mail: [eyankov@uni-ruse.bg](mailto:eyankov@uni-ruse.bg).

Докладът е рецензиран.





## Изследване влиянието на ориентацията на модела върху точността на изграждане с помощта на 3D принтер

автори: Пламен Гочев, Десимир Скорчев

научни ръководители: доц. Руси Минев, гл.ас. д-р Емил Янков

*Exploring the impact of modeling on the accuracy of construction using a 3D printer: Methods for obtaining 3D printed details have been developing at high rates over the past five years. Their application becomes broader, ranging from the production of details in machine building, household appliances, clothing, medicine, and more. One of the main reasons to develop at such a pace is saving resources and time for getting a finished product. With the development of technology, we always seek to obtain high accuracy products and the possibility of constant reproducibility. These criteria are also embedded in 3D printing technologies. However, the thermal process results in changes in the received products compared to the set digital model. These differences are most often due to physical, mechanical and technological processes occurring in the process of posteriori building the models.*

*In the present study we aim to determine the influence of the model placement on the accuracy of building a 3D CAD microprocessor with the SLA laser 3D printing system Formlabs 2 at the set maximum reproducibility*

**Key words:** Micro model, 3D Printing, Rapid prototyping, CAD/CAM system.

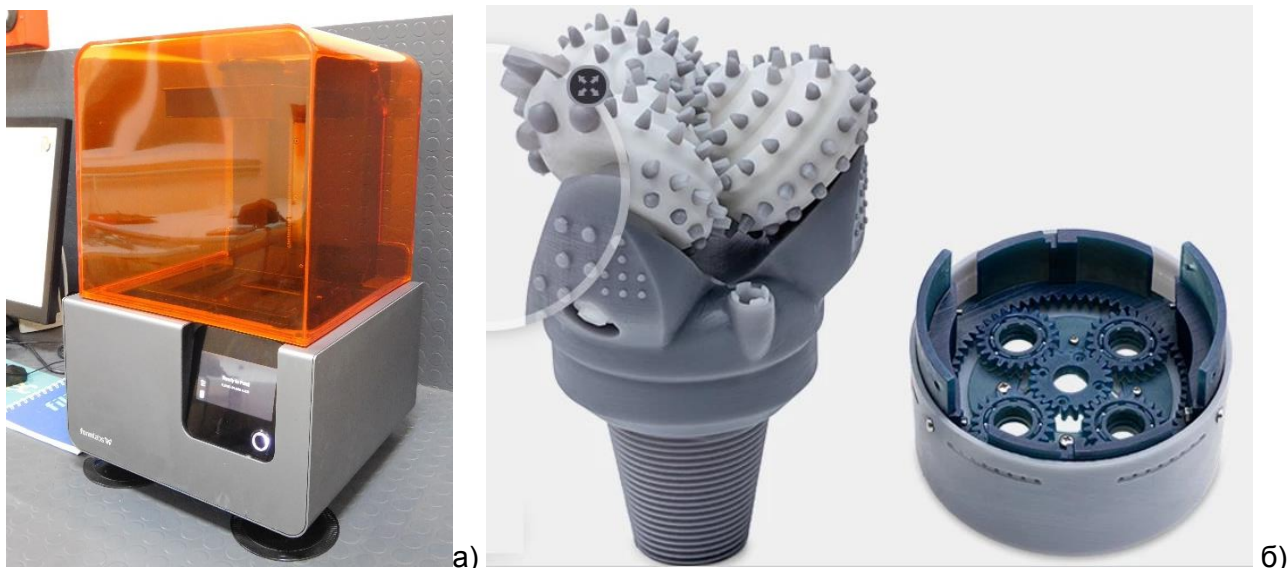
### ИЗЛОЖЕНИЕ

Съвременните методи за прецизно леене широко използват модели получавани чрез послойни технологии за изграждане, т.н. методи за бързо прототипиране или 3D принтери [1]. Към разглежданите методи и технологични подходи спадат и тези за изработване изделия, които освен отдавна утвърдилите се технологични процеси- леене, заваряване, коване, фрезозване и др. се използват методите за цифрово получаване на виртуални компютърни модели чрез сканиране и/или използване на CAD/CAM компютърни системи. Все по-голямото търсене на оптимални методи намаляващи себестойността на единични изделия налага търсенето на нови решения, стопяеми модели от восък или с използване на 3D принтери [2].

### ПРОБЛЕМ. СЪЩНОСТ НА ПРОБЛЕМА

В получаването на 3D модели чрез 3D принтиране често пъти се наблюдават отклонения в размерите. Причините за тази различия най често се дължат на точността на принтиране (точността позициониране по осите XYZ на 3D принтера), качеството на материалите за принтиране, режимите на настройка при работа на принтера (температура на стопяване или фотополимеризация, скорост на движение, скорост на подаване на материала) и работна температура на масата и температура на помещението, скорост на охлаждане и начин на позициониране др. Тези параметри оказват силно влияние при получаването на микро детайли които намират приложение в медицината и микротехниката и микроелектрониката. За предотвратяване на процеса на принтиране са разработени 3D принтиращи системи в които могат д се контролират голяма част от влиянието на външните условия, като се подържат процеса на изграждане в специални затворени климатизирани помещения.

Едни от тези методи са бързо прототипиране е стереолитографията (фиг.1.а) и е адитивен процес на 3D печат със смола – течен фотополимер, който се втвърдява под въздействието на лазерно лъчение. Работната маса върху която се изгражда обектът, се движи нагоре-надолу, потапяйки се във вана с течността, която на свой ред се облъчва с лазер. По този начин – захванат за работната маса, обектът се изгражда в посока от долу нагоре. SLA предлага възможност за изграждането на обекти с ясно изразени детайли фиг.1.б [3].



Фиг. 1. Получаване на физически модели а) 3D принтер Formlabs 2, б) изделие получено с висока точност.

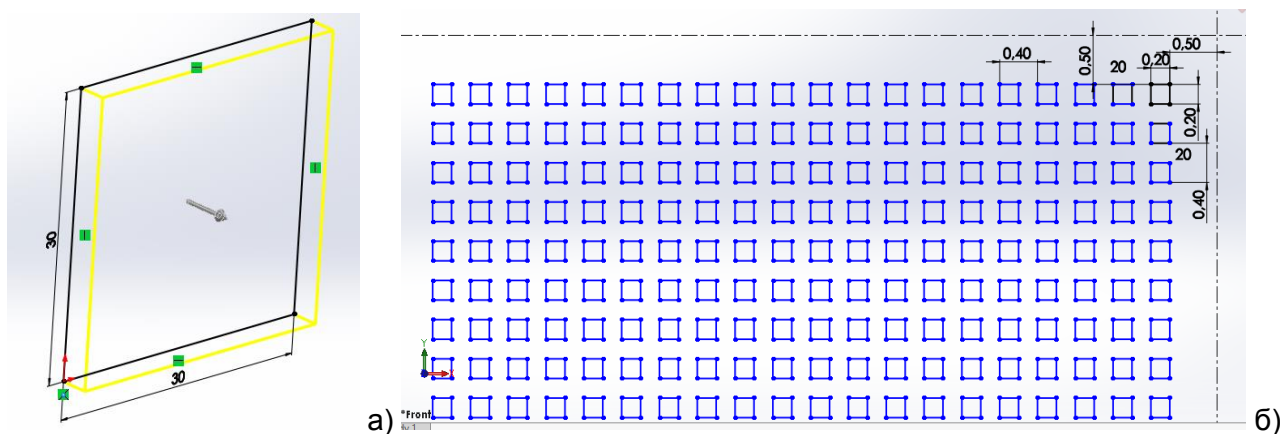
За изследването на точността на 3D принтиране е използвана тази технологична верига, която е обект на настоящата разработка като се конструира пробно тяло (прототипен модел) за изследване на точностите параметри на SLS процес на микро квадрати, изграждане на физическо пробно тяло и изследване на отклоненията в работния обем на SLS системата чрез използване на метода на координатните мрежи.

### СЪЗДАВАНЕ НА ПРОТОТИПЕН МОДЕЛ С ПОМОЩТА НА CAD СИСТЕМА

В съвременното машиностроене създаването на моделите за бързо прототипиране и леене на материалите се създават и разработват чрез съвременни CAD системи, даващи възможност за онагледяване и сглобяване на отделните елементи на проекта като цифрови данни. Този подход дава възможност да се намалят разходите за изработване на моделни екипировки, а така също и скъсяване на времето за изработването. За разработването на заданието се взе под внимание този подход.

Същевременно новите машини за създаване на прототипи изискват разработеният модел да бъде направен с една от известните CAD системи – AutoCAD, SolidWorks, Inventor, UniGraphiks и др. Изборът на CAD система за създаване на цифровият прототипен модел бе избран да е SolidWorks.

При създаването на модела е избрана основна скица на проектиране равнината XY. В нея се начертава квадрат с размери 30×30 mm, показан на фиг. 2.а.

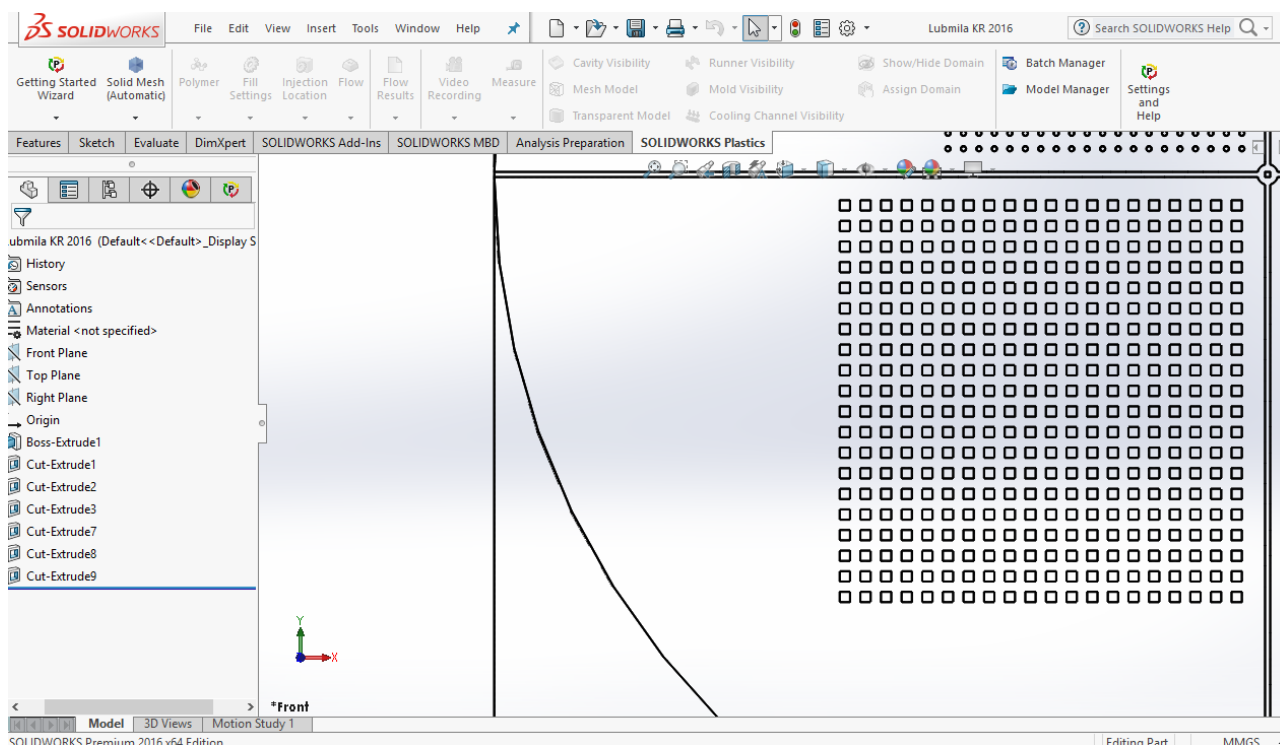


Фиг. 2. Създаване на прототипен модел а) скица на 2D модела, б) построяване на микроквадрати в 3D модела

След създаването на 2D скицата е определена дебелина - 3 mm за 3D модела. В него се вписва квадрат с размери 200×200 μm, разположен на разстояние 500 μm по X и 500 μm по Y спрямо центъра на скицата на 3D модела, показан на фиг. 2.б подчертан с черен контур.

За създаването на мрежата (матрицата) от квадрати се размножава създаденият квадрат по ос X 20 бр. през стъпка 400 μm и по ос Y 20 бр. през стъпка 400 μm. Размножената мрежа от квадрати е представена на фиг. 2.б със син цвят.

Генерираната вече 2D мрежа от квадрати се издълбава на дълбочина 500 μm (Фиг. 3). Тази мрежа ще бъде използвана и като еталон за сравнение със създадения 3D принтиран модел.



Фиг. 3. 3D цифров модел на мрежата от микроквадрати

Създаденият модел се запазва във формат подходящ вид за експортиране и използване от SLS технологията.

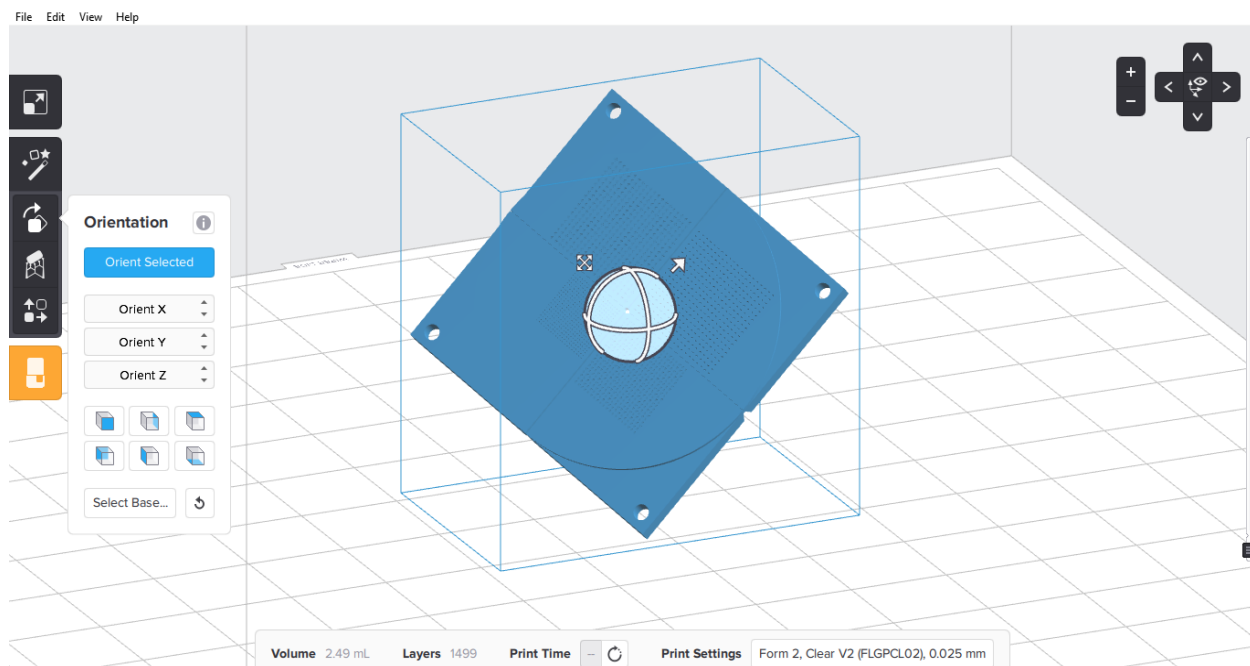
Закупеният 3D принтер изисква създаденият цифров модел да бъде съхранен във формат \*.STL подходящ за вмъкване в модулта Pre Form, който служи за преподготовка преди принтиране.

## СЪЗДАВАНЕ НА ПРОГРАМА ЗА ПРИНТИРАНЕ ЧРЕЗ МОДУЛА PRE FORM

При стартиране на софтуерният Pre Form се задава вида на използвания материал за 3D принтиране и точността на получаваното изделие. За създаването на модела е избран материал "Clear" с точност на изработване 25  $\mu\text{m}$ . Освен това се задава модела на 3D принтира - "Form Labs 2".

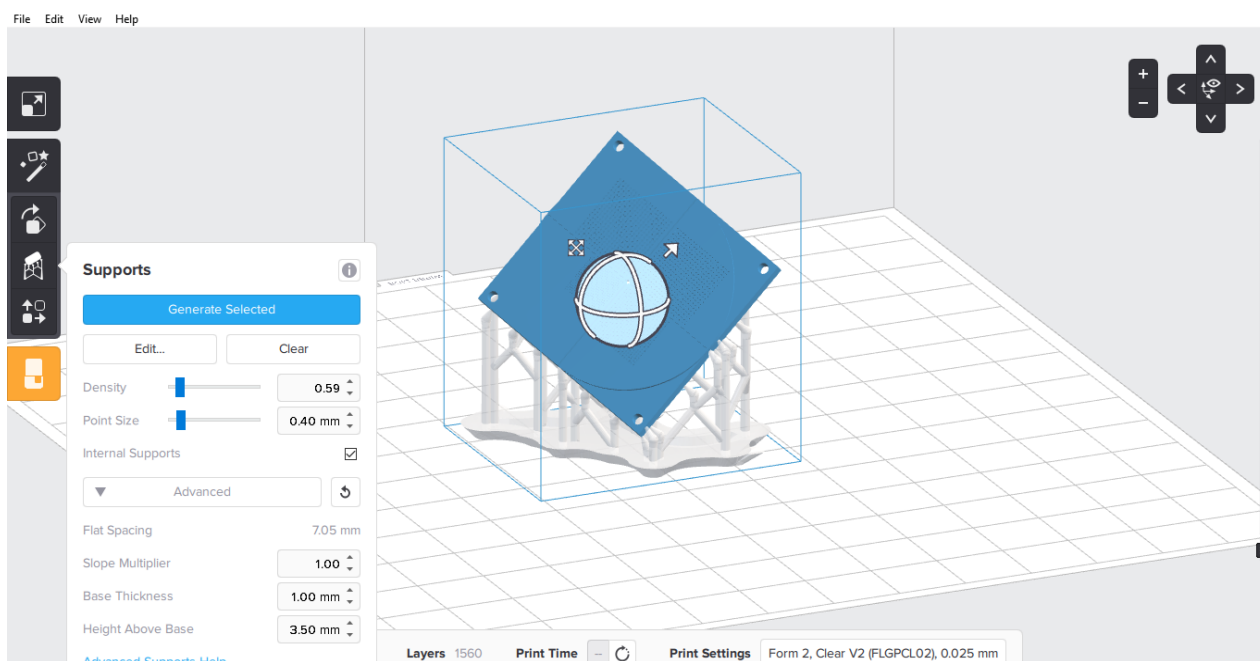
От менюто се вмъква запазеният \*.STL файл, като по време на вмъкването се извършва проверка за не затваряне на модела. Ако са установени грешки (незатворения по повърхността в модела) софтуерът се опитва да ги поправи. При успешно поправяне може да се продължи работата нататък. Ако моделът е с много грешки то неговото визуализиране и изпълнение по-нататък ще бъде прекратено. При вмъкването на модела ни такива грешки не бяха установени.

Моделът се разполага върху работната зона на масата, като ъгълът на наклона по ос X е 45° по ос Y също е на 45° и ос Z на 0°, показан на фиг. 4.



Фиг. 4. Разположение на модела на работната маса

Следващ етап е създаване на придържащите подпори (Supports). Броят на подпорите се определят от меню, като стойност от условна максимална плътност (1,0). В нашият случай е избран 0,6. Големината (диаметърът) на точките на свързване с модела е избран да е 0,40 mm, а базовата дебелина на основата е 1 mm. За устойчивост на поддържащите подпори е предвиден укрепващ пояс с дебелина е 3,5 mm в основата на модела. Създадените поддържащи подпори са представени на фиг. 5.



Фиг. 5. Създаване на поддържащите подпори

При така настроените параметри обемът на 3D детайла е 2,49 ml, а броят на слоевете е 1499 при дебелина на слоя 25  $\mu\text{m}$ . При генериране на подпорите обемът на модела за принтиране нараства до 4 ml, т.е. основата плюс поддържащите подпори добавят 1,51 ml. Това доведе до нарастване и броя на слоевете до 1560 броя.

Времето за изработване на модела ще отнеме 4 часа и 42 минути, при така избраната стратегия на 3D принтиране. Полученият модел се генерира програма за 3D принтиране. Полученият модел след 3D принтиране се измива с изопропанол от остатъчния фото полимер полепнал по него. Времето на задържане в разтвора е 10 минути, след което се изсушава и изпича чрез ултравиолетова лампа за 30 минути.

## ИЗМЕРВАНЕ НА ПОЛУЧЕНАТА МРЕЖА ОТ МИКРОКВАДРАТИ

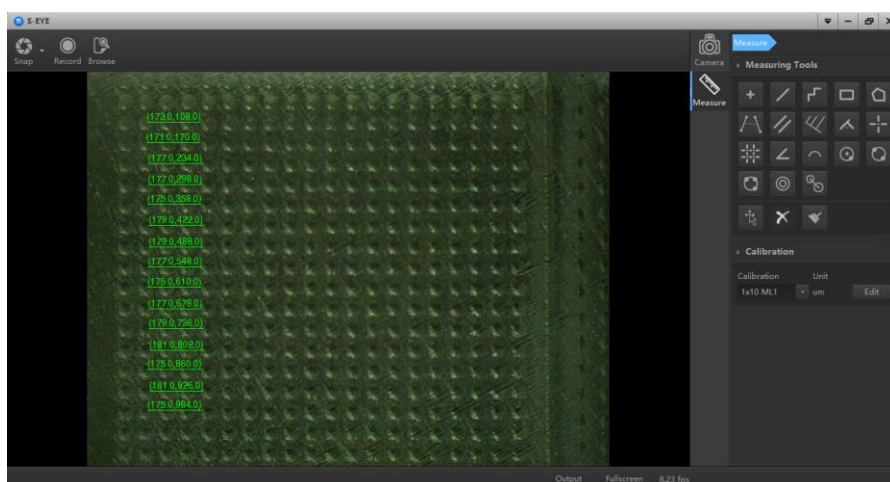
Измерването на разстоянията на 3D принтираната мрежа върху модела се осъществява чрез стереомикроскоп "Carl Zeiss Jena" с оптично увеличение 12,5X, показан на фиг. 6. На един от окулярите на микроскопа е поставена микроскопска камера 5 MP, с която ще се осъществява наблюдението на микромрежата и нейното измерване с помощта на софтуерен продукт „S-EYE“ на камерата. За правилното измерване на микромрежата от модела е извършено калибриране на големината на един пиксел (pxl) в  $\mu\text{m}$  с помощта на калибровъчна скала към камерата. Получаваното изображение е представено на фиг. 7, с измерените стойности на една вертикална колона. Разделителната способност при калибриране е 1600x1200 pxl, а получаващата дължина от началото на измерване до края на зоната на виждане е 7616,63 pxl. Това осигурява достатъчно пиксели за да се определи необходимата прецизност на измерване.

Методиката предвижда отчитане на координатите на един от върховете на квадратите (реперна точка) по X и по Y. Тези стойности се нанасят в Excel таблица с цел определяне на разликите между координатите на зададения цифров модел и тези на физическия прототип, получен чрез 3D принтиране.





а)



б)

Фиг. 6. Измерване на модела а) стерео микроскоп “Carl Zeiss Jena“, б) Цифрово изображение и измерени стойности на 3D принтирания модел

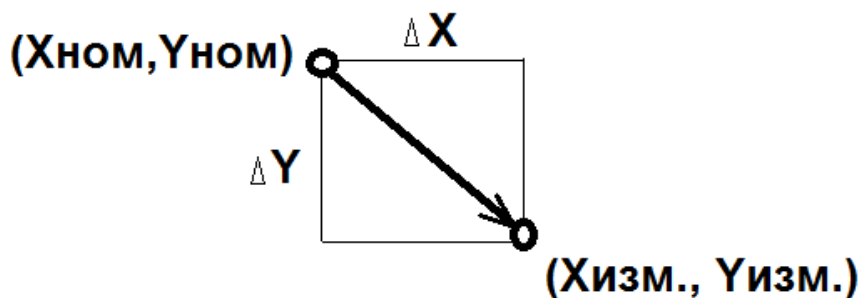
Получените стойности по X и Y са разделени в две отделни таблици за да могат да се определят относителните отклонения между цифровия прототип и принтирания модел по двете оси.

Определяне на точността в изследването е използван метода на координатните мрежи (Фиг.7) [4], който се състои в определяне на относителните „деформации“ ( $\varepsilon_x$  и  $\varepsilon_y$ ) в различните направления по формулите:

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta x}{x_{\text{НОМ}}} \quad (1)$$

$$\varepsilon_y = \frac{\Delta y}{y_{\text{НОМ}}} \quad (2)$$

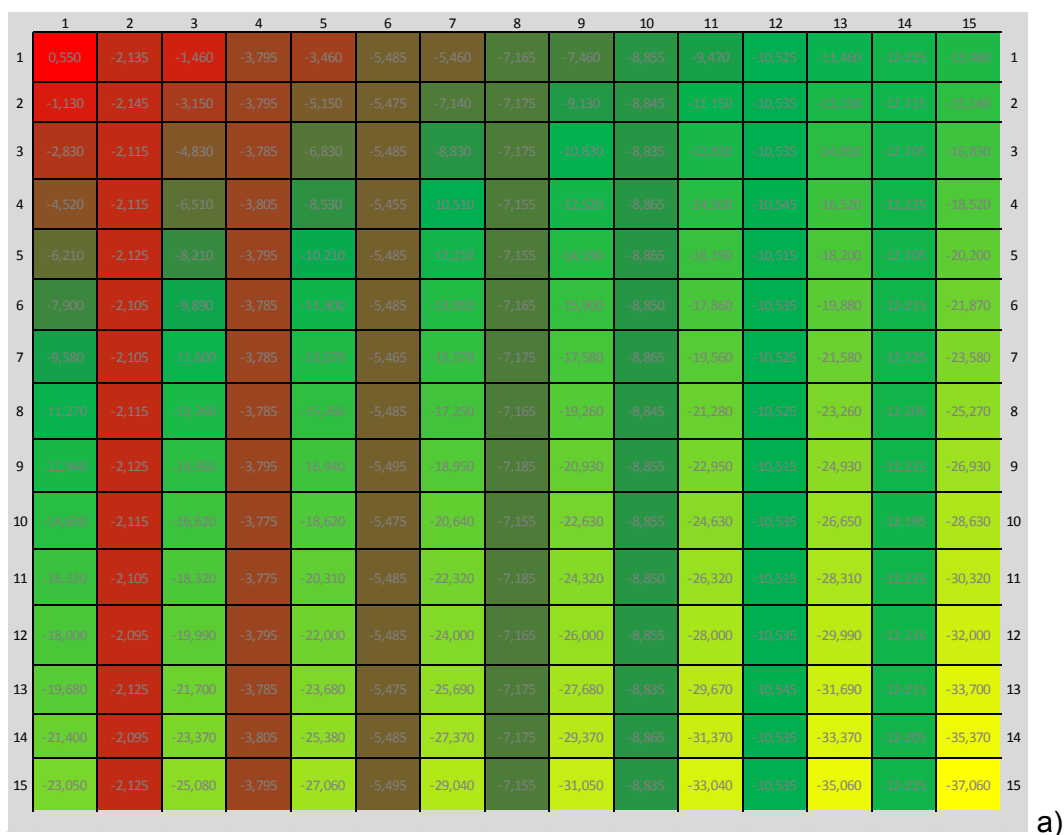
където  $\Delta x$  е отклонението на размера по ос X, а  $\Delta y$  е отклонението на размера по ос Y.



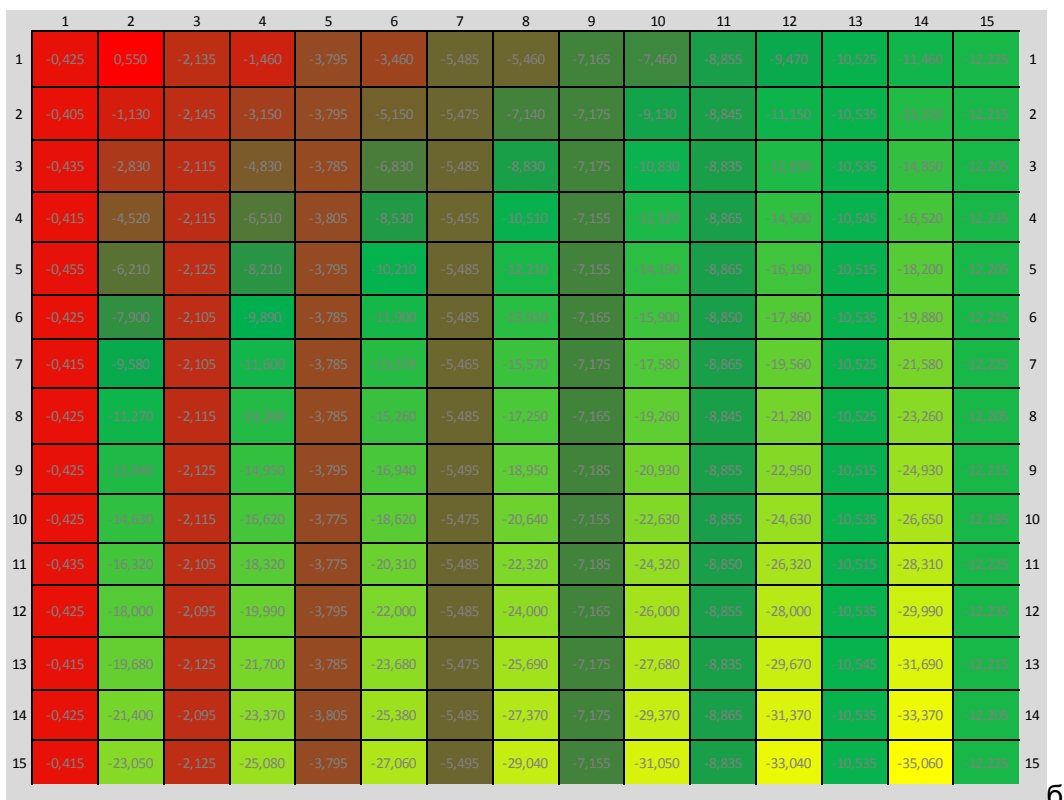
Фиг. 7. Определяне отклонението на точка спрямо зададените първоначални данни.

## АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

След математическата обработка на резултатите с Excel таблицата са построени графични зависимости показващи относителните отклонения на всяка една клетка спрямо еталонния цифров модел. На фиг. 8 е представено таблично отклонението на стойностите с цветови код по направление X и Y.



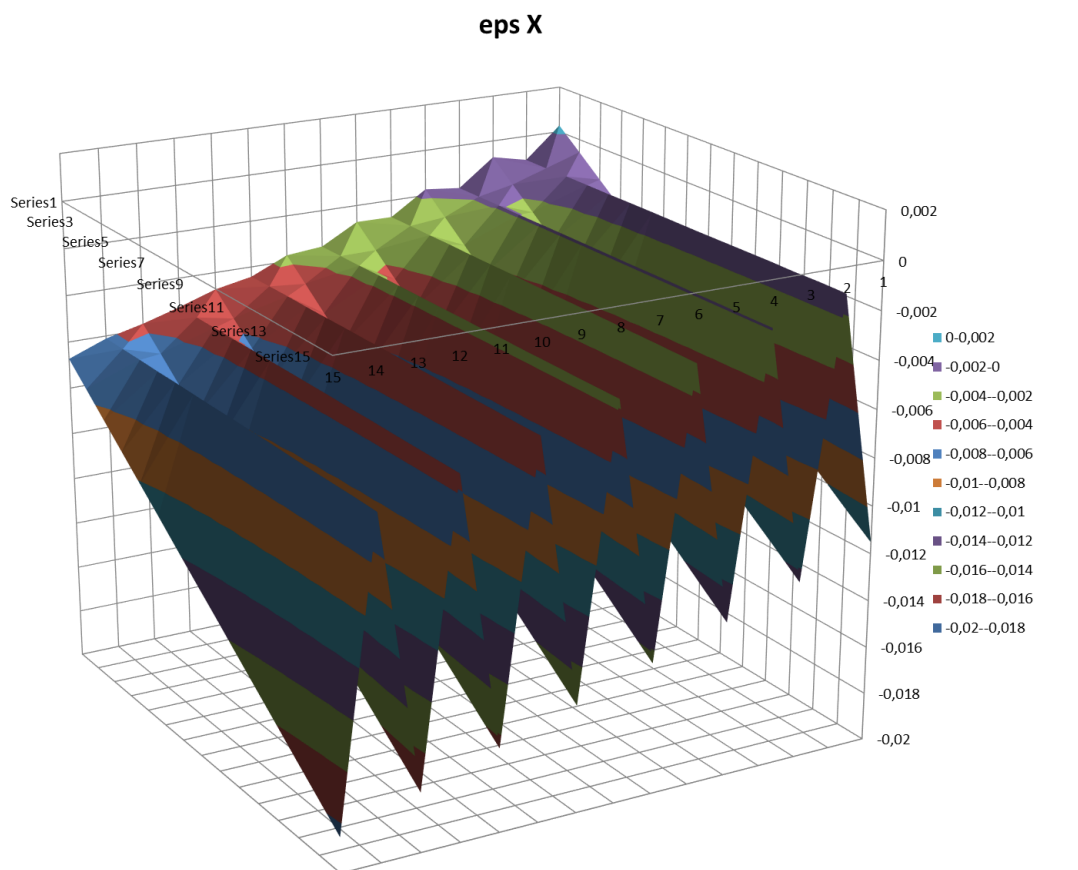
a)



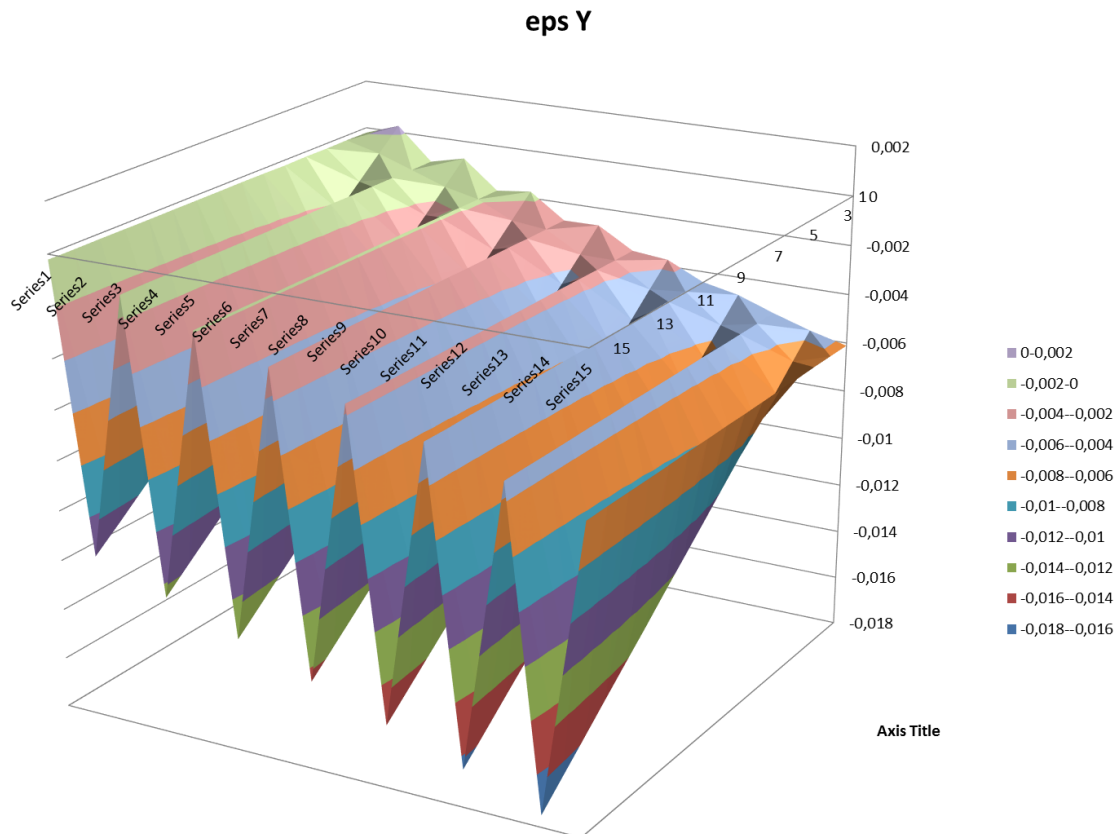
b)

Фиг. 8. Цветово относително отклонение на координатите по а) ос X и б) ос Y

Получените относителни стойности са представени и в 3D графичен вид за да се придобие представа за отклоненията след 3D принтиране (фиг. 9).



a)



б)

Фиг. 9. Отклонение на размерите в 3D графичен вид по а) ос X и б) ос Y

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От проведените първични изследвания за получаване на микромодели се установи, че:

- Методът на координатните мрежи дава възможност за бързо и ефективно определяне отклоненията от номиналните стойности на размерите на изгражданите (микро) детайли. При това имаме възможност да определяме отклоненията в различни направления (например X, Y).
- Най-малки отклонения от номиналните размери се наблюдават в горната част на образца когато се изгражда първият слой и са близо до подвижната масичка. Тези обеми от образца са свързани към масичката с по-къси подпорки. Това означава, че случайните и системни премествания в направление X (паралелно на повърхността на масичката) са по-малки. Допълнителен фактор е потапянето и изваждането на образца. Колкото повече изгражданият слой се отдалечава от масичката подвижността на изгражданите обеми се увеличава и отклоненията стават по-големи. Най-големи са в последните изградени слоеве.
- По отношение отклоненията по ос Y -  $\epsilon_y$  (epsY) се наблюдава същата тенденция на увеличаване на отклоненията (с увеличаване отстоянието от масичката, като те стават и по-неравномерни). Т.е в горния край на образца, близо до масичката имаме по-голяма дисперсия на резултатите, а при увеличаване на височината тя намалява.
- Предложената методика може да се доразвие с изследване на отклоненията след 3D принтиране и при други наклони.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Минев Е., Е. Янков, Р. Минев. Влияние на технологичните параметри на REPRAP 3D принтер върху точността и граповостта на получаваните модели.// XXII International Scientific Technical Conference FOUNDRY 2015, Pleven, 2015, брой 12, стр. 29÷32, ISSN 1310-3946;
- [2] Minev E, E. Yankov, R. Minev. The RepRap 3D Printers for metal Casting Pattern making - Capabilities and Application. IN: On Innovative Trends in Engineering and Science (SFITES 2015),, Kavala, Greece, Parnas Publishing House, 2015, pp. 122-127, ISBN 978-954-8483-35-6;
- [3] <https://formlabs.com/3d-printers/form-2/>
- [4] Е. Минев, Г. Попов. Компютърно моделиране на механизми на деформационно уякчаване.// ИЗВЕСТИЯ на Съюза на учените - Русе, Серия "Технически науки", 1998, брой ТОМ 1, ISSN ISSN 1311-106X.

### За контакти:

**Пламен Григоров Гочев**, Русенски университет "Ангел Кънчев", Специалност "Материалознание и технологии", e-mail:;

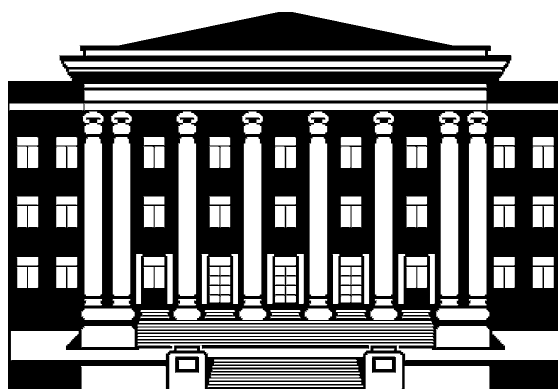
Десимир Валериев Скорчев, Русенски университет "Ангел Кънчев", Специалност "Материалознание и технологии", e-mail:;

**Доц. д-р инж. Руси Минев Минев**, Русенски университет "Ангел Кънчев", Катедра „Материалознание и технология на материалите“, тел.: 082-888 305, e-mail: [rus@uni-ruse.bg](mailto:rus@uni-ruse.bg);

**Гл.ас. д-р инж. Емил Христов Янков**, Русенски университет "Ангел Кънчев", Катедра „Материалознание и технология на материалите“, тел.: 082-888 205, e-mail: [eyankov@uni-ruse.bg](mailto:eyankov@uni-ruse.bg).

**Докладът е рецензиран.**

**РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ  
“АНГЕЛ КЪНЧЕВ”**



# **СТУДЕНТСКА НАУЧНА СЕСИЯ СНС'18**

## **П О К А Н А**

**Русе, ул. "Студентска" 8  
Русенски университет  
“Ангел Кънчев”**



**Факултет „Машинно-технологичен“**

**СБОРНИК ДОКЛАДИ**  
**на**  
**СТУДЕНТСКА НАУЧНА СЕСИЯ – СНС'17**

Под общата редакция на:  
доц. д-р Велина Боздуганова

Отговорен редактор:  
**проф. д-р Диана Антонова**

Народност българска  
Първо издание

Формат: А5  
Коли: 4.88  
Тираж: 40 бр.

ISSN 1311-3321

ИЗДАТЕЛСТВО Русенски университет “Ангел Кънчев”