

## РЕЦЕНЗИЯ

във връзка с конкурс за присъждане на научното звание „професор” в област на висше образование: 5. „Технически науки”, професионално направление: 5.6. „Материали и материалознание”, научна специалност : „Динамика, якост и надеждност на машините, уредите, апаратите и системите (нанотехнологии и материали за приложение за космически изследвания)”.

Кандидат : Доц. д-р хим. Здравка Кирилова Карагъзова, доцент в Института за Космически изследвания и технологии (ИКИТ) при БАН  
Рецензент : Проф. д.т.н. инж. Виктор Христов Анчев  
Катедра „Материалознание и технология на материалите”  
Технически университет - София  
Тел: 02 965.2236 (служ.), 0885 068353 (дом.)  
E-mail: [v.anchev@tu-sofia.bg](mailto:v.anchev@tu-sofia.bg)

### 1. Сведения за конкурса

Конкурсът за професор в област на висше образование 5. „Технически науки”, професионално направление 5.6. „Материали и материалознание”, научна специалност „Динамика, якост и надеждност на машините, уредите, апаратите и системите (нанотехнологии и материали за приложение за космически изследвания)” е обявен за нуждите на Института за Космически изследвания и технологии (ИКИТ) при БАН, секция „Космическо материалознание” и е обнародван в ДВ бр.12 / 06.02.2018 г. В конкурса участва един единствен кандидат доц. д-р хим. Здравка Кирилова Карагъзова, доцент в Института за Космически изследвания и технологии при БАН.

### 2. Кратки биографични данни за кандидатката

Доц. д-р маг.хим. Здравка Кирилова Карагъзова е родена на 13-ти октомври 1953 г. в гр. София. През 1976 г. завършва висшето си образование в СУ «Св. Кл. Охридски», специалност «Неорганична химия». От 1976 г. до 1980 г. следва курс за следдипломна квалификация по «Неорганична химия» към СУ «Кл. Охридски». След завършването му тя е назначена за химик в СУ /от 1980 г. до 1981 г./, след това работи като технолог и н.с. I ст. в ТУ-София /от 1981 г. до 1993 г./ . От 1993 г. до 2015 г. е главен асистент в Института за космически изследвания и технологии при БАН, а след това и досега – доцент.

През 2014 г. Карагъзова защитава докторска дисертация (д-р) в ТУ-София на тема «Микро- и наноструктурни композитни никелови покрития, отложени по безтоков метод» в професионалното направление 5.1. «Машинно инженерство», научна специалност «Материалознание и технология на машиностроителните материали».

Член е на Националния съвет по нанотехнологии към БАН, както и на Техническият съвет по Нанотехнологии към Българския институт по стандартизация. Член е също така на „Обществото на триболозите в България”

### 3. Количествена характеристика (наукометрични показатели) на научната продукция

Кандидатката има общо /докторантура+доцентура+професура/ **211** труда (заглавия) /заб: в пълния списък те са 215 бр. с 4 повторения/, от които 81 бр. са научни+научнопедагогически+авторски свидетелства /АС/ разработки, 30 бр. /общо 34 бр. с 4 повторения/ – научноизследователски проекти и договори и 100 бр. – други научни трудове и материали извън конкурса.

Научни+научнопедагог.+АС трудове на кандидатката общо 81 бр. се подразделят, както следва:

- по докторската дисертация (д-р) ..... 13
- по конкурса за доцент ..... 36
- по конкурса за професор .....32

Всичко..... **81**

По конкурса за професор /след доцентурата/ тя е представила **133** бр. заглавия /в «професорския» списък те са 159 бр. минус 26 повторения на проекти/, от които **32** бр. са научни публикации в списания и сборници на конференции и авторски свидетелства, 4 бр. / + 4 бр. продължаващи и днес проекти/ – научноизследователски проекти и договори и 97 бр. – други материали, от които 2 бр. техническа документация, 4 бр. – готови за реализация продукти и 6 бр. – реализирани на пазара продукти.

Научни+научнопедагогически+АС трудове за професор /след доцентурата/ **32** бр./ според вида на печатния източник се подразделят, както следва:

1. В списания и сборници от докл. конференции....28 /32 с 4 резюмета/

от тях 9 статии и 23 доклада, от които

- изцяло отпечатани.....28 (от тях 2 под печат или на рецензия)
- частично отпечатани (в резюме) ... 4

2. В учебно-методични пособия .....0

3. В авторски свидетелства .....4

Всичко:.....32 /36 с 4 резюмета/

Научни+научнопедагогически+АС трудове за професор /след доцентурата/ /32 бр./ според монографичното им и на друго място разположение се подразделят, както следва:

- 1. В монографично обобщение.....10 (+ 1 авторско свид.)
- 2. В извънмонографичен пакет .....22
- 3. В учебно-методични пособия .....0
- 4. В авторски свидетелства .....4

Всичко:.....32 /36 без 4 резюмета/, при което

В *монографичното обобщение* са включени 10 труда (всъщност 11 труда – 10 статии и 1 авторско свидетелство), от които публикувани в

*Стисания* .....5 (от тях 1 се рецензира),

от тях в

- чужди – 3 (“Novel Trends in Production Devices and Systems IV”, “International Journal of Surface Science and Engineering”, “Tribology in Industry”)
- български – 2 (“Nanoscience & Nanotechnology: Nanostructured materials applications and innovation transfer” - 2 броя)

*Сборници на доклади от конференции*.....5

от тях в

- чужди – 2 (Турция, Латвия)
- български – 3 (София - 3 броя)

*Авторски свидетелства* .....1(в списъка на «Извънмонографичен пакет»)

Всичко.....10 /+1/

В *извънмонографичния пакет* са включени общо 22 труда /26 без 4 резюмета/ – 18 бр. статии /4/ и доклади /14/ ( 22 бр. с 4 резюмета ) и 4 авторски свидетелства, от които публикувани в

*Стисания* .....4

(от тях 1 се рецензира), от тях в

- чужди – 2 (“Tribology in Industry”, “International Journal of Materials and Product Technology”)
- български – 2 (Сп. “Металургия”, “Nanoscience & Nanotechnology: Nanostructured materials applications and innovation transfer”)

*Сборници на доклади от конференции* .....14 / 18 бр. без 4 резюмета/

от тях в

- чужди – 2 (Унгария, Русия)
- български – 16 (Варна, София, Созопол, Пловдив)

*Учебно-методични пособия*.....0

*Авторски свидетелства* .....4

Всичко:.....22 /26 без 4 резюмета/

Повечето от публикациите на кандидатката са на английски език и са публикувани в авторитетни чужди научни списания като International Journal of Nanomanufacturing, Journal of Chemistry and Chemical Engineering, Plating and Surface Finishing, Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, Journal Resource Saving Technologies for Production and Pressure Shaping of Materials in Machine-Building, “Tribology in Industry”, “Novel Trends in Production Devices and Systems IV” и др., както и в български такива като Металургия, Инженерни науки, Tribological Journal Bultrib, “Nanoscience & Nanotechnology: Nanostructured Materials Applications and Innovation Transfer” и др.

От научните статии в списания и сборници от доклади на конференции за професор /28 бр. след доцентурата/ самостоятелни са 5 бр., на първо място авторката е в 7 бр., на второ – в 6 бр., а в останалите 10 бр. – по-назад в колектива. От тях в чужди научни списания и сборници са публикувани 9 бр. , а в български списания и сборници – 19 бр.

От научните публикации за професор /28 бр. след доцентурата/ в реферирани списания и сборници са отпечатани 18 бр., Скопус – 8 бр., с импакт фактор – 2 бр., с импакт ранг – 3 бр. Освен това 4-те авторски свидетелства съгласно правилата на ИКИТ се равняват на 12 статии в български списания с импакт фактор. Под печат или за рецензия в списания са 2 бр. статии, които приемам за оценяване.

От авторските свидетелства – общо 7 бр. /3 по доцентурата и 4 по професурата / 5 бр. са на български език и 2 бр. на чужд език.

Всичко гореизложено дотук ми дава основание да заключа, че трудовете на кандидатката в количествено отношение са значителни по брой, разпределени са правилно в монографична и извънмонографична част, публикувани са в авторитетни наши и чужди списания и сборници на конференции, с което са придобили широка обществена известност у нас и в чужбина.

За общата оценка на кандидатката за професор /доктор+доцент+професор/ вземам под внимание цялата ѝ научна, научнопедагогическа, изобретателска и внедрителска продукция, състояща се от **211** труда /215 без 4 повторения/, **81** научни+научнопедагогически+АС труда, **30** бр. /34 бр. без 4 повторения/ научноизследователски проекти и договори и **100** бр. материали извън конкурса, както и всички останали нейни дейности (научни, внедрителски, изобретателски, педагогически и др.).

За оценяване на трудовете само за професор /след доцентурата/ приемам **32** научни+научнопедагогически+АС труда, от които 28 научни публикации и 4 авторски свидетелства. Научноизследователските проекти (4 бр. нови след доцентурата + 4 бр. продължаващи от доцентурата) и трудовете извън конкурса (97 бр.) не оценявам, но ги вземам под внимание при оценката.

Установил съм известно припокриване на трудовете за професура с някои от доцентурата, както следва: 9 бр. частично припокриващи се (№№ 1 до 5 и 7 до 10) и 3 бр. напълно припокриващи се (№№ 18, 19, 25).

За рецензиране на научни+научнопедагогически+АС трудове за професор /след доцентурата/ от 32 бр. приемам **29** бр. научни+научнопедагогически+АС труда. Не рецензирам 3-те напълно припокриващи се статии (№№ 18, 19, 25) /в №18 има мое участие/, а 4-те авторски свидетелства /рецензирани вече от други/ ги вземам под внимание и се произнасям по тях. Не рецензирам също така и научноизследователските проекти /4 бр.нови + 4 бр. продължаващи/, но ги вземам под внимание. Не рецензирам и трудовете извън конкурса /97 бр./, но ги вземам под внимание при общата оценка. На долната таблица са показани систематизирано наукометричните показатели на доц. Здр.Карагьозова.

	Общо	Бълг.	Чужди	Реферир. списания	Скопус	Импакт фактор	Импакт ранг
<b>Трудове общо</b> <b>/докт.+доц.+проф./</b>	<b>211</b> /215-4/						
- науч.+педаг.+АС	<b>81</b>						
- научни	<b>73</b>						
- педагог.	<b>1</b>	<b>1</b>					
- АС	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>2</b>			<b>21</b>	
- проекти	<b>30</b> /34-4/	<b>14</b>	<b>16</b>				
- други	<b>100</b>						
<b>Професор/след доцент общо</b>	<b>133</b> /+4/						
- науч.+педаг.+АС	<b>32</b>						
- научни	<b>28</b>	<b>19</b>	<b>9</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
- педагог.	<b>0</b>						
- АС	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0</b>			<b>12</b>	
- проекти	<b>4</b> /+4/	<b>14</b>	<b>16</b>				
- други	<b>97</b>						

Професор <u>рецензир.</u>	<u>29</u>						
- науч.+педаг.+АС	<u>29</u>						
- научни	<u>25</u>			15	7	2	2
- педагог.	<u>0</u>						
- АС	<u>4</u>					12	
- други	<u>0</u>	4	0				
Цитати /д-р+доц+проф/	48	26	22				

#### 4. Обща характеристика на научната, научно-приложна и педагогическа дейност

*Главната научна тематика* в трудовете на доц. Карагъзова е създаване на нови /усъвършенствани/ реактиви /разтвори/ за тънки покрития и разработване на нови /усъвършенствани/ методи /технологии/ за безтоково нанасяне на тези покрития /с и без наночастици/ върху макро- и микро/нано/повърхности, както и обемно армиране /модифициране/ на метални стопилки /бейнитни чугуни и алуминиеви сплави/ с повърхностно покрити микро- и наноразмерни частици.

В публикациите си за професор кандидатката продължава успешно да доразвива и усъвършенства методите за получаване на тънки покрития с и без микро- и наночастици, както и методите за обемно модифициране /армиране/ на металите с такива частици, продължава да предлага нови разтвори /реактиви/ за покрития и да получава нови експериментални зависимости. Всичко казано говори за продължение на тематиката от докторската ѝ работа, доцентурата до професурата.

Научните ѝ разработки са в няколко по-главни тематични области:

1. Отлагане на безтокови покрития с подобрени физико-механични свойства върху метални макроповърхности.
2. Отлагане на безтокови "сенсibiliзиращи" покрития върху микро- и наноповърхности.
3. Получаване и приложение на наноразмерен диамантен прах, получен по взривен метод.

Ще направя оценка на научната, научно-приложната и педагогическата ѝ дейност досега.

*Трудовете по докторската дисертация* („д-р“) /общо 13 бр./ на кандидатката на тема „Микро- и наноструктурни никелови покрития, отложени по безтоков метод“ третира безтоковите никелови покрития (еднослойни и двуслойни), нанесени върху различни стоманени подложки – стомани 42CrMo4, 65Г, 17CrNiMo6 и други, предварително цементовани и термообработени по стандартния режим за зъбни колела. Изследвани са покрития от никел (никел-фосфор) с и без вместени в него нано- и микро размерни частици от DND, NB и cBN – двуслойни покрития, при които върху базовия чисто никелов слой са нанесени нано- и микро структурни композитни покрития с уякчаващи нано- и микро размерни частици, взети в комбинации.

Новостта на резултатите по дисертацията следва от факта, че за пръв път в композитното наноструктурно никелово покритие са използвани наноразмерни частици от детонационен диамант DND, който има по-различна микро структура и по-различни свойства от използвания досега детонационен наноразмерен диамант. Новите наночастици имат монокристално ядро и две последователни обвивки, докато „класическите“ частици са съставени от поликристално ядро и две обвивки, външната от които има различен състав от този на новите наночастици.

Тези приноси са вече оценени при защитата на дисертацията, аз също така ги приемам.

*Трудовете по доцентурата* (трудовете извън докторската дисертация „д-р“) са общо 102 бр /37 бр.са научни+научнопедагогически+АС, 26 бр. научноизследователски проекти и договори и 39 бр. извън процедурата/ и представляват доразвитие, задълбочаване и разширяване на обхвата и идеите от докторската работа, както и включване на някои нови тематки. В тези трудове се разработват и доразвиват почти същите главни тематки, които ги има в дисертацията, а именно:

1. Отлагане на безтокови покрития с повишени физико-механични свойства върху метални макроповърхности, както следва:
  - 1.1. Композитни никелови покрития с микро- и наноразмерни добавки върху стомани и чугуни.
  - 1.2. Композитни „апатит-нанодиамант“ покрития върху метални имплантанти.
  - 1.3. Калаени покрития върху мед и медни сплави.
  - 1.4. Сребърни покрития върху мед и медни сплави.
2. Отлагане на безтокови покрития върху микро- и наноповърхности, както следва:
  - 2.1. Никелови покрития върху микро частици (върху микро размерен диамант).

2.2. Покрития от сребро, мед, желязо и никел върху наночастици за модифициране на стопилки.

2.3. Никелови покрития върху микро- и наночастици за вграждане в композитни покрития или други композитни материали.

2.4. Никел - железни покрития върху наночастици за модифициране на чугунени стопилки.

Използвайки получените резултати, доц. Карагъзова е предложила нови или усъвършенствани технологични режими, които могат да се приложат в практиката, част от тях са внедрени вече в наши предприятия.

**Трудовете по професурата** (трудовете след доцентурата) са общо 133 бр. /169 бр. минус 26 повторения/, от които 32 бр. са научни+научнопедагогически+авт.свидетелства/АС/, 4 бр. /8 бр. с 4 бр. продължаващи от доцентурата/ – проекти и договори и 97 бр. – „други”: резюмета, доклади на конференции, готови научни продукти, техническа документация и др.

От 32-та научни+научнопедагогически+авт.свидетелства/АС/ труда 28 са научни – 9 бр. статии в списания, 19 бр. – доклади на конференции /по-точно докладите са 23 бр. с 4 доклади-резюмета/ и 4 бр. – авторски свидетелства. От 28-те статии и доклади 26 бр. са изцяло отпечатани и 2 бр. са под печат или за рецензия. Трудовете са окомплектовани в две части: „Трудове в монографичен пакет” и „Трудове извън монографичен пакет”.

**Монографичният пакет** за професор включва 10 труда /всъщност 11 труда – 10 научни статии и едно АС, последното отразено и в списъка на «Извънмонографичен пакет»/, от които 5 са публикувани в научни списания и 5 в сборници на конференции /2 труда са двойни публикации/. Монографичният пакет е озаглавен „Безтокови никелови покрития – свойства и приложение» /една от главите в него е «Уякчаване на сферографитни чугуни чрез обемно модифициране на стопилката с наночастици», което е приложение на никеловите покрития/.

Към пакета е оформен голям обобщаващ текстов материал /монографична анотация/ от 26 стр. с много фигури, микроструктурни снимки, графики и таблици. Завършва с изводи и литературни източници /11 бр./ . Монографичното обобщение е оформено много добре като монотематична студия и представлява едно завършено цяло.

Приносителите в него са представени заедно с приносните моменти на извънмонографичния пакет.

**Извънмонографичният пакет** за професор обхваща 22 публикации и АС (4 бр. статии в списания, 14 бр. – в сборници на конференции / 18 бр. без 4 резюмета/ и 4 бр. авторски свидетелства, едното от тях е използвано и в «Монографичния пакет»). Извънмонографичният пакет е оформен като група от отделни статии и доклади и АС, подредени хронологично по години. Те са разнотематични, но можем ги обединим под общото заглавие „Покрития – химични и електролитни – и тяхното приложение”. Приносителите към извънмонографичния пакет също така са представени заедно с приносните моменти на монографичния.

**Научноизследователската дейност** (научни проекти и договори) на кандидатката е впечатляваща и всеобхватна. От приложените по конкурса писмени материали за професура се вижда, че д-р Карагъзова е участник в общо /д-р+доцент+професор/ 30 бр. научноизследователски разработки (проекти и договори) – в 3 от тях тя е ръководител, а в останалите 27 – участник, 16 бр. са с чужди научни институции /с Европейския съюз /Полша и др./, Русия и др. (Joint research project, CEEPUS, ESINET, X-GEAR, OSNET, NAVOBS) и 14 бр. – в България /МОН, ВУЗ, БАН и др./.

**Внедрителската дейност** на кандидатката е също така много впечатляваща и всеобхватна. От приложените по конкурса писмени материали за професура се вижда, че Карагъзова има внушително внедряване на разработки с голям икономически ефект от тях. Извършено е успешно внедряване в много български заводи и фирми като ИМХВП-Стара Загора, НПКМ „Вакуумна техника”-Ямбол, ИРТ-София, Институт по микроелектроника-София, ДСО „Респром”, СО „Радиоапарати и телевизия”-София, Институт по съобщителна техника в Пловдив, „Автоматика”- Хасково и др. Има готови продукти или вече са внедрени в промишлеността – в ЕАД „Техноконтракт-Русе за зъбни колела /с проведени тестови машини в реални условия/, в „Геопродукт”-Асеновград /с тестване на работни инструменти за камък/ и др. Готови за стопанска реализация са 4 технологии за отлагане на покрития.

За документиране на внедряването са приложени надлежни документи /за някои внедрявания няма документи /.

**Изобретателската дейност** на кандидатката се изразява в общо 7 бр. авторски свидетелства /д-р+доцент+професор/. От тях 4 бр. са след доцентурата, български са, със заглавия „Електролит за отлагане на сплавно покритие калай-кобалт”, „Метод за приготвяне и контролиране на разтвори за ецване на медни сплави”, „Комбинирана добавка към сулфатен електролит за отлагане на калай и сплавите му” и „Бляскообразуваща добавка към кисели хипофосфитни разтвори за химично никелиране”.

Другите 3 други авторски свидетелства са преди професурата, 2 от тях са получени в СССР, озаглавени съответно „Разтвор за обменно покаляване на мед и медни сплави”, „Разтвор для

химического осаждения покрытия на основе олова на медь и ее сплавы” и „Раствор для химического серебрения”.

**Педагогическата дейност** на доц. Карагьозова е също така за отбелязване. В конкурса за професор тя няма ново издадено учебно-методично пособие. Но в момента води упражнения по „Материалознание и технологии на материалите” в ТУ-София и има участие (като съавтор) в написването на 1 учебно помагало, използвано при доцентурата. Била е също така преподавател по химия в Технологичното училище „Електронни системи” към ТУ-София, водила е семинарни упражнения по Гражданска защита към катедра „Гражданска защита” при ТУ-София. До момента не е ръководила дипломанти и докторанти.

Всичко горезисложено за научната, научно-приложна и педагогическа дейност характеризира доц. д-р хим. Здравка Карагьозова като комплексна личност – изграден научен работник, активен разработчик на научни новости чрез проекти, активен внедрител на иновационни технологии и добър преподавател.

## 5. Основни научни и научно-приложни приноси

Основните приносни моменти в трудовете на кандидатката извън докторската дисертация и извън доцентурата /само за професурата/ касаят няколко тематика, отразени в монографичния и извънмонографичния пакет от публикации. Те са /цитирам кандидатката/:

1. Отлагане на покрития с подобрени физико-механични свойства върху метални макроповърхности.
2. Безтокови покрития, отложени върху микро- и наноповърхности.
3. Отлагане на калай и сплавни калаени покрития по електрохимичен начин.
4. Анализ на методи и техники за отлагане на покрития по безтоков метод и перспективи за наземно и аерокосмическо приложение.
5. Екстракция на рений.
6. Производство и приложение на наноразмерен диамантен прах, произведен по взривен метод.
7. Свойства на композитното покритие „апатит-нанодиамант”.

Върху материалите, представени само за професор /в монографичния и немонографичния пакет и авторските свидетелства/, мога да признаят следните основни приносни моменти /номерацията на трудовете по-долу е съгласно пълния списък в счупени скоби [ ] /:

### А. Новости за науката

**A.1. Формулиране на нова научна област (нов проблем)** – няма приноси

**A.2. Формулиране на нова теория (нова хипотеза)** – няма приноси

**A.3. Доказване на съществени нови страни във вече съществуващи научни проблеми и теории (хипотези)** – няма приноси

**A.4. Получаване на нови (или усъвършенствани, подобрени) научни решения:** нови понятия, нови подходи, нови кинетики и механизми на процеси, нови класификации, нови методи за изследване и изпитване, нови зависимости – теоретични и експериментални, нови модели, нови методи /технологии/ за обработване, изработване и получаване на продукт, нови конструкции, машини и др.

Голяма част от приносите на доц. д-р Здравка Карагьозова по горепосочените тематика се отнасят към точка А.4 в няколко направления: 1. Разработване на нови /усъвършенствани/ разтвори /реактиви/ и методи /технологии/ за отлагането им като покрития върху макроповърхности 2. Разработване на нови /усъвършенствани/ разтвори /реактиви/ и методи /технологии/ за отлагането им като покрития върху микро/нано/повърхности. 3. Обемно модифициране на метални стопилки с наномодификатори, покрити с тънки покрития. Разработените нови /усъвършенствани/ разтвори /реактиви/, методики и получените експериментални зависимости са много на брой и не могат да бъдат изброени всички, но те имат голямо значение и са със съществени научни приноси.

Най-съществени според мен са приносните моменти, касаещи безтоковите никелови покрития /без или с микро- и наночастици от различен вид /DND, TiN, NB и cBN, поотделно или в комбинация/, нанесени еднослойно и двуслойно. Също така са стойностни и приносите при обемното модифициране на метални стопилки /например сферографитен бейнитен чугун/.

Приносните елементи се изразяват главно в това, че са предложени /разработени/ като нови или усъвършенствани /или за пръв път са получени, разработени/ – разтвори /реактиви/, методи /технологии/ или зависимости, при това повечето защитени с авторски свидетелства. За покритията с нанодиамантени частици DND новостта произтича от обстоятелството, че в покритията са вградени нови наноразмерни частици тип «детонационен нанодиамант DND, получен съгласно US Patent No. 5353708», а разтворът има нов състав (с нови компоненти).

В публикациите си за професор кандидатката продължава успешно да доразвива и усъвършенства състава на разтворите /реактивите/ и методите/технологиите/ за получаване на тънки покрития от различен вид /с и без микро- и наночастици/ за отлагане върху макро- и микроповърхности, както и приложението им за обемно армиране с микро- и наночастици на метални стопилки от чугуни и алуминиеви сплави, за тях продължава да получава нови експериментални зависимости. Всичко това е продължение на тематиката от докторската ѝ работа и доцентурата, поради което се наблюдава известно дублиране на тематиката на публикациите и на някои от резултатите.

Ще се спра на някои от най-главните, най-съществени приноси:

**Към тематика 1:** Отлагане на покрития с подобрени физико-механични свойства върху метални МАКРОповърхности на стомани, чугуни, мед и др.

Методи /технологии/: Разработен е

- Нов метод за получаване на безтокови никелови покрития върху стомана 45 с подобрени смазващи и антифрикционни свойства /с добавка на политетрафлуоретилен с размер 1 $\mu$ m/ [86] /6/.

Материали (разтвори/реактиви): Предложен е

- Нов разтвор /реактив/ за отлагане на композитни никелови покрития върху образци от стомана и високояк чугун в лято състояние, съдържащ нанодобавка от диамант (DND), получен по взривен метод, като DND-частици са използвани както самостоятелно, така и в комбинация с наноразмерен бор (NB) [22,25, 34, 38, 39].

- Нов реактив с бляскообразуващи добавки /куприйони, кадмиеви йони, триетаноламин и полипропиленгликол/ за отлагане на безтокови никелови покрития върху стомана и мед [114] /32/, защитен с авторско свидетелство.

- Нов разтвор /реактив/ с добавка на политетрафлуоретилен с размер 1 $\mu$ m за получаване на безтокови никелови покрития върху стомана 45 с подобрени смазващи и антифрикционни свойства [86] /6/.

Зависимости: Получени са

- Нови експериментални зависимости за влиянието на наночастици (DND, NB, TiN) върху физико-механичните свойства /микротвърдост и износоустойчивост/ на никелови покрития, получени по метода ЕФТТОМ-НИКЕЛ [19, 20, 22, 25, 28, 34, 38, 39].

- Нови експериментални зависимости за влиянието на технологичните параметри (концентрация на DND, добавка на DND в суспензия или в сухо състояние, еднослойно композитно Ni+DND или двуслойно такова Ni / (Ni+DND)) върху физико-механичните свойства на получените покрития [25] и върху универсалната твърдост HU, пластичната твърдост  $H_{plast.}$ , приведения /измерен/ модул на еластичност  $E^*$  и действителния модул E, общата енергия, изразходвана за еластична и пластична деформация  $W_{total}$  и преизчислената пластична твърдост в твърдост по Vickers HV /за Ni / (Ni+cBN) / [79, 101].

- Нови експериментални зависимости за влиянието на режима на термообработка на покритията Ni / (Ni+DND) върху микротвърдостта и контактната им умора [83].

- Нови експериментални зависимости за влиянието на технологичните параметри /концентрация, температура и рН на работния разтвор/ върху обемния процент на вградените частици от политетрафлуоретилен (PTFE) [86].

**Към тематика 2.** Безтокови покрития, отложени върху МИКРО- и НАНО- повърхности и приложението им за обемно модифициране на стопилки. [92, 90, 35, 17]

Кинетики: Установено е, че

- Наномодификаторите, добавени в стопилката на сферографитни чугуни, изменят кинетиката на бейнитното превръщане, като ускоряват превръщането на аустенита в бейнит в процеса на изотермично закаляване и влияят на морфологията на бейнитния ферит [80].

Материали(разтвори/реактиви): Създаден е

- Нов разтвор /реактив/ с никелова сол на етилхексаноена киселина в толуол за нанасяне на безтоково никелово покритие върху микро- и наноразмерни частици от диамант .

Методи /технологии/: Разработени са

- Нов метод за отлагане на безтоково никелово покритие върху микронен диамант с използване DND частици [92].

- Нови методи /технологии/ за модифициране повърхността на наноразмерни частици от DND, TiN, SiC, TiCN, cBN чрез нанасяне на покрития от сребро, мед, никел и желязо, предназначени за модифициране на стопилки на основата на желязо и алуминий [69].

- Нов метод /технология/ за нанасяне на безтоково никелово покритие върху микро частици от диамант с цел по-доброто им вграждане в метални композитни материали (МКМ) / с разтвор /реактив/ от никелова сол на етилхексаноена киселина в толуол/.

Зависимости: Получени са

- Нови експериментални зависимости за влиянието на наночастици от DND в разтвори за безтокови никелови покрития от вида Ni / (Ni+DND) и Ni/ (Ni+DND<sub>метализиран</sub>) върху физико-механичните им свойства – микротвърдост и износоустойчивост [32].

- Нови експериментални зависимости за влиянието на покрити наночастици от TiN, TiN+TiCN и cBN върху микроструктурата и физико-механичните свойства (микротвърдост, износоустойчивост, ударна жилавост, якост на опън) на високояки и изотермично закалени сферографитни чугуни [21, 23, 24, 27, 29, 40, 42, 43, 45, 81,100].

- Нови експериментални зависимости за влиянието на наночастици върху характеристиките на графитната фаза на изотермично закалени сферографитни чугуни, последните показват по-високата абразивна износоустойчивост [81].

- Нови експериментални зависимости за изменението на количеството остатъчен аустенит в процеса на изпитване на износоустойчивост на изотермично закалени чугуни със структура долен и горен бейнит [27, 42, 43, 45].

**Към тематика 3. Отлагане на калай и сплавни калаени покрития по електрохимичен начин.**

Материали (електролит): Създаден е

- Нов електролит за отлагане на покритие от калай-кобалт, съдържащ до 1 тегл.% кобалт без флуорни йони, замърсяващи околната среда [113], авторско свидетелство.

**Тематиките 4 и 5 «Анализ на методи и техники за отлагане на покрития по безтоков метод и перспективи за наземно и аерокосмическо приложение» [98, 95, 97, 103] и «Производство и приложение на наноразмерен диамантен прах, произведен по взривен метод» [91, 93] представляват интересни обзорни материали с някои собствени експериментални данни на колектива на кандидатката. Приносите в тези 2 обзорни материала са експертните информации и високотехнологичните резултати, постигнати от колектива на кандидатката.**

**Към тематика 4. Обзорен материал**

- Направен е литературен преглед в няколко статии на състоянието на проблема, касаещ методите и техниките за отлагане на покрития по безтоков метод и перспективите за наземно и аерокосмическото им приложение във връзка с бъдещи участия в програмите Хоризонт 2020, ЕКА и конкурси към ФНИ/ / вкл. са дадени и някои собствени резултати и е показан образец, покрит с никел по безтоков метод, престоял в космоса в продължение на около 24 месеца при изпълнение на експерименти по проект “Обстановка”/ [98,95,97,103].

- Предложени са експериментални методи за отлагане на покрития върху алуминиеви и магнезиеви сплави с цел получаване на нови подобрени повърхности за приложение в самолетостроенето, производството на автомобили и ракети, както и в космическите технологии.

**Към тематика 5. Обзорен материал**

- Направен е преглед на резултатите на колектива на кандидатката и на перспективите за производство /синтез/ и приложение на наноразмерен диамант, произведен по взривен метод и областите на приложение [91,93].

**Към тематика 6. Екстракция на рений.**

Методи /технологии/: Разработен е

- Усъвършенстван метод за извличане на рений с висока чистота чрез обработката му с азотна киселина с цел преминаване от ClO<sub>4</sub> форма в NO<sub>3</sub> форма, намалявайки екстракционните степени [77].

**Към тематика 7. Свойства на композитно покритие „апатит-нанодиамант”.**

Материали: Създадено е

- Ново плътно хомогенно композитно покритие „апатит-нанодиамант” за нанасяне върху метални импланти за заздравяване на връзката на импланта с костната система [16] /към доцентурата/.

#### **А.5. Получаване и доказване на нови данни и факти**

От доц. Здравка Карагъзова заедно с колектив учени са получени, установени или доказани експериментално много нови данни и факти, които имат съществен научен или научноприложен принос, който се изразява в тяхната новост /получени за пръв път/. Приемам ги като съществени приноси, но не е възможно всички да изброя, ще посоча само някои от тях.

Към тематиката «Покрития върху макроповърхности» е установено, че /цитирам кандидатката/:

- двуслойното покритие Ni / (Ni+DND) има по-висока твърдост (13000 MN/m<sup>2</sup>) в сравнение с тази на покритията Ni и Ni+DND (в суспензия), съответно – 4900 и 12750 MN/m<sup>2</sup>) [25].

- двуслойното покритие Ni / (Ni+DND) има най-ниска степен износване (0,0022 g/l) – 5-7 пъти по-ниска в сравнение с тази на покритията Ni, Ni+DND (в суспензия), съответно 0,018 и 0,012 g/l [25].

- микротвърдостта на никеловото покритие след термична обработка / 290°C в течение на 6 часа/ нараства до 2 пъти в сравнение с нетермообработено покритие



- най-висока микротвърдост по Кнуп (1608 HK0,02) е получена при покритията Ni / (Ni+DND) след термична обработка, отложени върху навъглеродени стомани /с около 11% по-висока от микротвърдостта на термообработено покритие Ni (1452 HK 0,02)/ [37].

Към тематиката «Покрития върху микро- и наноповърхности» е установено, че /цитирам/:

- композитните покрития с вградени непокрити частици DND се износват много по-бързо в сравнение с вградени покрити частици DND [32].

- галваничното покритие Ni / (Ni-DND) се износва значително по-бързо при продължително тестване в сравнение с износването на безтоковото покритие Ni / (Ni-DND) [32].

- никеловото покритие върху наноразмерни частици от диамант DND подобрява термозащитата му, а никеловото покритие върху микронен диамант подобрява захващането му от металната матрицата (до 80%) [35, 17].

- микротвърдостта на покритието Ni / (Ni+DND) с вграден непокрит DND и покритието Ni / (Ni+ DND) с вграден покрит DND [32] е еднаква.

Към тематиката «Въздействие на наномодификаторите върху структурата и свойствата на стопилки и отливки на желязна и алуминиева основа» е установено, че /цитирам/:

- покритието от желязо върху наноразмерни частици от TiN представлява равномерен аморфен слой от наноглобули (1-2 nm) [18].

- наноглобулите оформят много компактен монослоен слой върху кристалните наноразмерни частици от TiN[18].

- в летите сферографитни чугуни в присъствието на нанодобавки TiCN+TiN се увеличава количеството и размерът на графитната фаза без промяна на формата на графитните зърна [21, 24].

- износоустойчивостта на летите чугуни, обработени с наночастици, се увеличава с 55-81% спрямо износоустойчивостта на чугуни без наномодификатори [21, 24, 40].

- методът за модифициране на повърхността на частиците чрез активиране и сенсбилизация преди отлагане на покритие е за предпочитане пред другите [69].

- метастабилният остатъчен аустенит търпи частично превръщане в деформационен мартензит при триене. В най-висока степен тази зависимост е изразена при чугуни с наномодификатори TiCN+TiN, фпри които е измерена най-висока износоустойчивост.

- модифицирането с наночастици води до издребняване на микроструктурата и повишаване на механичните свойства на металните сплави [21, 23, 24, 27, 29, 40, 42, 43, 45, 200, 197, 198, 201, 78, 80, 81, 100, 102].

- установена е по-висока абразивна износоустойчивост на образците с нанодобавки в сравнение със същите без наноразмерни добавки [81].

## **Б. Обогавяване на съществуващите знания**

**Б.1. Потвърждаване с други средства на известни вече факти и данни** – няма приноси.

**Б.2. Друго обогавяване на съществуващите знания** – редица от фактите и данните, както и методиките и експерименталните зависимости на кандидатката (а те са многобройни) обогащават съществуващите ни знания за влиянието на нано- и микроразмерните частици върху структурата и физико-механичните свойства на покритията върху макро- и микросубстрати и върху модифицирането им на стопилки.

## **В. Приноси за приложение**

### **В.1. В научната практика**

В научната практика могат да бъдат използвани /а някои от тях вече са използвани/ всички носъздадени разтвори /реактиви/ и методи за отлагане на покрития върху макро- и микро/нано/повърхности, както и установените с тях нови експериментални зависимости, посочени в т. А.4 и А.5 на приносите.

Цитиранията (48 пъти, от тях 22 пъти в чужди списания) показват, че тези научни постижения са известни, възприети и използвани от други учени – у нас и в чужбина. Без да повтарям казаното в А.4 и А.5, ще отбележа отново, че голяма част от основните научни приноси се базират на новостта на използвания за първи път наноразмерен детонационен диамант DND като уякчаваша добавка към разтвори за безтоково никелово покритие, както и на новостта на самите реактиви /разтвора/, нанесени върху макро- и микросубстрати, с цел получаване на покрития с повишена микротвърдост и подобрена износоустойчивост.

### **В.2. В инженерната практика**

В инженерната практика могат да бъдат приложени (а някои са приложени и внедрени) разработените разтвори /реактиви/ и технологии (технологични режими) за отлагане на най-различни покрития върху стомани и чугуни, както и върху микро- и наночастици. Следва да отбележа

приложимостта на следните /не мога да изброя всичките/ разработени и проверени на практика технологии /цитирам/:

- Технология за отлагане на безтокови покрития на никелова основа върху наноразмерни частици за обемно модифициране на чугуни.
- Технологии за отлагане на покрития с нанодиаментени частици.
- Технология за нанасяне на калай по химически начин за получаване на плътни корозионно устойчиви слоеве с добре спояващи се повърхности.
- Технология за разяждане /ецване/ на мед и медни сплави чрез използване на концентрати за съставяне и коригиране на работния разтвор [111].
- Разтвор /реактив/ за покаляване на мед и медни сплави, работещ при стайна температура, който запазва активността си продължително време [85, 111].
- Режим /технология/ за метализиране на наноразмерни уякчаващи частици, осигуряващ увеличение на началното им тегло до 50% [33].
- Технология за отлагане на безтокови никелови покрития върху наноразмерни частици за уякчаване на композитни материали, получени праховометалургично или чрез отлагане на покрития [17, 32, 35].
- Композитно покритие „апатит-нанодиамент“ върху метални импланти, заздравяващо връзката на импланта с костната система /регистрирана е по-висока абразивна износоустойчивост в сравнение с покритията без наноразмерни добавки [16] /принос от доцентурата/.
- Методи и технологии за модифициране повърхността на наноразмерни частици от DND, TiN, SiC, TiCN, cBN чрез нанасяне на покрития от сребро, мед, никел и желязо [69].

### В.3. В учебно-педагогическата практика

След доцентурата доц. Карагъзова няма нови учебни пособия. Но от учебните ѝ материали, написани във връзка с доцентурата, в педагогическата практика може да бъде използвано Упражнение № 7 от «Ръководство за лабораторни упражнения по Технология на материалите» (част 1) на тема «Композитни никелови покрития с микро- и наноразмерни уякчаващи частици». То вече е използвано и се използва, защото кандидатката е водила и понастоящем води лабораторни упражнения в ТУ-София. В учебно-педагогическата практика могат да се използват и част от научните и приложни резултати за професурата като лекционен материал по дисциплината «Термично обработване на металите» в ТУ-София.

## **6. Значимост на приносите за науката и практиката, цитиране на трудовете**

За науката представляват интерес и са значими разработените от доц. Карагъзова нови разтвори /реактиви/ и нови методи /технологии/ за безтоково отлагане на тънки покрития върху метални макроподложки (например композитни никелови покрития върху стомани и чугуни; апатит-нанодиаментни покрития върху метални имплантанти; калаени покрития върху мед и медни сплави, сребърни покрития върху мед и медни сплави и др.) и върху микро- наноподложки (например сребро, мед, желязо и никел върху наночастици за модифициране на стопилки; никел върху микро- и наночастици за вграждане в композитни покрития или в обемни материали и др.), както и установените от нея нови експериментални зависимости, факти, данни и физико-механични свойства на повърхностния слой.

За голямата значимост на трудовете на кандидатката говори и тяхното многократно **цитиране** – 15 публикации са цитирани общо /д-р+доц.+проф./ **48** пъти /документирани – 22 пъти в чужди издания и 26 пъти – в български.

За значимостта на приносите говори и нейната обемна **научноизследователска** /участие в проекти и договори/ дейност. От приложенияте към конкурса за професор писмени материали се вижда, че доц д-р Карагъзова е участник в общо /д-р+доц.+проф./ 30 бр. научноизследователски разработки (проекти и договори), в 3 от които като ръководител, а в останалите 27 – като участник.

**Авторските** свидетелства (7 бр. общо, от които 4 бр. за професура), признати в България и Русия, са също така много значими.

Кандидатката има впечатляващо **внедряване** на разработките (включително на технологични нормали) с голям икономически ефект от тях. Извършени са внедрявания в много български заводи и фирми като ИМХВП-Стара Загора, НПКМ „Вакуумна техника“-Ямбол, ИРТ-София, Институт по микроелектроника-София, ДСО „Респром“, СО „Радиоапарати и телевизия“-София, Институт по съобщителна техника в Пловдив, „Автоматика“- Хасково, както и в предприятието с малка мощност ЕФТТОМ-ХИМ при ТУ-София. Готови за стопанска реализация са 4 технологии за отлагане на покрития. Готови или внедрени са продукти в ЕАД „Техноконтракт-Русе /за зъбни колела, с проведени тестови машини в реални условия/, в „Геопродукт“ Асеновград /с тестване на работни инструменти за камък/ и др. Готови за стопанска реализация са 4 технологии за отлагане на покрития. За документиране

на внедряването са приложени надлежните документи и протоколи (за някои внедрявания липсват документи). Липсват и разделителни протоколи за участие на съавторите.

Всичко гореизложено ми дава основание да заключа, че трудовете на доц. д-р Карагъзова са станали широко достойние на нашата и чуждестранна научна и инженерна общественост, значими са и са получили научно признание както в научната общност, така и в практиката

#### **7. Педагогическа дейност и учебно-педагогически приноси**

Педагогическата дейност на доц. Карагъзова /общо – доктор+доцент + професор/ е осезаема. В миналото и в момента тя е водила и води лабораторни упражнения по „Материалознание” и „Технология на материалите” в ТУ-София /в периода 2014–2018/. Написала е самостоятелно едно упражнение в учебното помагало „Ръководство за упражнения по Технология на материалите” за студентите от ТУ-София (на CD носител) /представено по конкурса за доцент/. Била е също така преподавателка по химия в Технологичното училище „Електронни системи” към ТУ-София, както и е водила семинарни упражнения по Гражданска защита към катедра „Гражданска защита” при ТУ-София.

Преценявам още, че написаните от нея учебни материали (упражнение №7 в ръководството за упражнения) /преди професурата/ притежават определен учебно-педагогически принос, който е оценен също така положително и от неговите рецензенти.

В представените по конкурса учебни документи за професор тя няма написани нови учебни помагала. Няма също така дипломанти и докторанти – ръководени или вече защитили.

Въз основа на горното преценявам, че д-р Карагъзова е добър преподавател с достатъчна педагогическа ерудиция и опит.

#### **8. Личен принос на кандидатката в представените материали**

В представените по конкурса за професура /публикациите след доцентурата/ 32 научно-педагогически+АС труда /от тях 28 научни/ авторката има 5 самостоятелни публикации, в 7 тя е на първо място като съавтор, а в 6 – на второ.

В 3 от 4-те авторски свидетелства в конкурса за професор /след доцентурата/ тя е на второ място. Има участие като съавтор и в още 3 бр. авторски свидетелства, представени преди това в конкурса за доцент.

Въпреки колективните разработки, по всичко личи, че участието на кандидатката в тях е значително.

В научноизследователските проекти и договори 30 бр. /доктор+доцент+професор/ изпъква също така нейното активно присъствие, главно като участник /27 пъти/ и като ръководител /3 пъти/.

Моите лични впечатления от работата ѝ в ТУ-София, а и от другаде, говорят убедително, че тя е реалният изпълнител на научните разработки, тя е тихият и скромен тълковател на резултатите и компетентната оформителка на английски език на почти всички публикации.

Всичко това ми дава основание да заключа, че резултатите и приносите в трудовете са в значителна степен лично дело на Карагъзова или са осъществени с нейното решаващо участие.

#### **9. Лични впечатления от кандидатката**

Познавам доц. Здравка Карагъзова като дългогодишен член на колектива на лаборатория ПНИЛ-ЕФТТОМ при катедра „Материалознание и технология на материалите” на ТУ-София. Познавам я и като рецензент на докторската ѝ дисертация (д-р) и като рецензент на доцентурата ѝ.

Моите лични впечатления от нея са отлични – като научен работник и изследовател тя е на много високо ниво, много е стриктна и прецизна, много работлива /в повечето разработки тя е главният изпълнител и експериментатор/, много коректна в отношенията си с другите колеги.

От приложените научни, научноизследователски, изобретателски, внедрителски и педагогически трудове, както и от моите лични впечатления, става ясно, че доц. д-р Здравка Карагъзова е напълно изграден научен работник, много активен иноватор и внедрител, както и добър преподавател.

#### **10. Критични бележки и препоръки**

Към научната продукция на кандидатката като цяло нямам съществени бележки. Ще спомена само някои мои наблюдения и препоръки:

- В публикациите за професура кандидатката успешно доразвива изследванията от докторската си дисертация и доцентурата, което аз приемам за много положително. По тази причина обаче част от приносните моменти на „професорските” публикации са сходни с тези от предишните периоди, а някои от приносите в авторската справка са въз основа на публикации само от доцентурата /№16/.

- Някои от публикациите за професура са от периода на доцентурата /непредставени за доцентурата/.

- В публикациите за покритията не се изяснява механизмът на уякчаване на частиците – дали нано- и микрочастиците само армират никеловите (или другите) покрития или служат и като изкуствени зародиши.

- Изнесените в публикациите факти касаят главно химизма на процеса на отлагане на покритията и резултиращите физико-механични свойства.

- Кандидатката няма защитени докторанти, не ръководи в момента и докторанти.

- След доцентурата кандидатката няма издадено учебно пособие.

- Не са представени разделителни протоколи за процентното участие на всеки автор в колективните научни публикации, авторските свидетелства и внедряванията.

- Установил съм някои неточности и редакционни грешки в статиите на кандидатката. Терминологично би било добре вместо думата „ецвам“ да се използва българската „разяждам“. Имам и други бележки по оформлението на някои от статиите, които съм съобщил устно на кандидатката.

## 11. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цялостната дейност на кандидатката за професор доц. д-р маг.химик Здравка Кирилова Карагъзова – научната, научноизследователската /проекти и договори/, изобретателската, внедрителската и педагогическата – показва, че тя е утвърден български учен, изследовател и внедрител, получил признание у нас и в чужбина. Приносите ѝ в науката и инженерната практика са значими, особено приложните ѝ разработки в областта на тънките износостойчиви никелови покрития с вградени нано- и микроразмерни частици, отложени по безтоков метод. Трябва да се оцени по достойнство също така и дейността ѝ като преподавател.

Що се отнася до това дали кандидатката д-р Карагъзова покрива минималните наукометрични показатели за професор ще отбележа, че отговорът ми е положителен. Тя е представила за професурата (извън 13-те научни публикации по докторската си работа и 36-те по доцентурата) още 32 бр. научни публикации+АС, оформени в един монографичен пакет от 11 бр. /10 статии+1 АС/ с 1 самостоятелна работа, 18 бр. / 22 бр. без 4 резюмета/ публикации извън монографичния пакет с 4 самостоятелни работи, 0 бр. учебни пособия и 4 бр. авторски свидетелства. Участвала е общо в 30 проекти и договори и има общо 48 цитирания (22 в чужди списания), а публикациите ѝ в реферирани списания са 18, в скопус – 8, с импакт фактор – 2, с импакт ранг – 3. Трябва да добавя, че 4-те авторски свидетелства, които според ИКИТ са равностойни на 12 статии в български списания с импакт фактор, увеличават още повече наукометричните ѝ показатели. Ще отбележа още, че в предишния конкурс за доцент кандидатката значително е надхвърлила предписаните за доцентурата наукометрични норми.

Почти всички нейни публикации са отпечатани в авторитетни реферирани или с импакт фактор, импакт ранг, скопус, международни и български списания. Трудовете на кандидатката съответстват на обявеното в конкурса професионално направление 5.6. „Материали и материалознание“, научна специалност „Динамика, якост и надеждност на машините, уредите, апаратите и системите (нанотехнологии и материали за приложение за космически изследвания)“. Представените за рецензиране научни публикации, авторски свидетелства, научни проекти и внедрявания са в областите на приоритетите на ИКИТ-БАН «Изследвания за получаване и приложение на нови материали; разработване на иновативна аерокосмическа техника и технологии, както и трансфера им в наземни условия».

В заключение, съгласно Закона за развитие на академичния състав в Република България и Правилника за неговото приложение, както и съгласно количествените показатели за професура, утвърдени в Правилника за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности на БАН, считам, че кандидатката отговаря на изискванията за професор. По тази причина намирам за основателно да предложа на Научния съвет на Института по космически изследвания и технологии (ИКИТ) при БАН, както и на членовете на научното жури, назначено със заповед на Директора на ИКИТ-БАН № 44 / 04.04.2018 г., кандидатката доц. д-р маг.хим. Здравка Кирилова Карагъзова да заеме академичната длъжност „професор“ в областта на висше образование 5. „Технически науки“, професионално направление 5.6. „Материали и материалознание“, научна специалност „Динамика, якост и надеждност на машините, уредите, апаратите и системите (нанотехнологии и материали за приложение за космически изследвания)“.

28.05.2018 г.

София

РЕЦЕНЗЕНТ:

(проф. д.т.н. инж. Виктор Анчев)

ВЯРНО С ОРИГИНАЛА

