



## СТАНОВИЩЕ

от проф. д-р Димитър Кирилов Теодосиев от Институт за космически изследвания и технологии при БАН, председател на Научното жури, назначено със заповед № 73 от 30.06.2017 г. на директора на ИКИТ-БАН

За дисертационния труд на докторант, самостоятелна форма на обучение, гл. ас. инж. Людмил Георгиев Марков, за придобиване на образователната и научна степен "доктор" на тема "Метод за синтез на наноразмерен диамант, за приложение в материали за космически експерименти", в област на висше образование 5. „Технически науки“, професионално направление 5.2. „Електротехника, електроника и автоматика“, научна специалност „Автоматизирани системи за обработка на информация и управление“ (нанотехнологии и материали за приложения в космическите изследвания)

### I. Данни за докторанта

Задочен докторант гл. ас. инж. Людмил Георгиев Марков завършва средното си образование в "Техникум по електроника", специалност "Изчислителна техника" през 1975 г., а висшето си образование – магистър, професионална квалификация "миньон инженер", в Минно-геоложки университет през 1982 г. Работи като проектант и научен сътрудник в МГУ, а от 1991 г. до сега в Институт за космически изследвания и технологии при БАН, в секция "Космическо материалознание". В настоящият момент е главен асистент в секция "КМ". Зачислен е като докторант на самостоятелна форма на обучение в ИКИТ – БАН, със заповед № 45 / 09.03.2015 г.

Работи в областта на разработване и прилагане на взривни технологии и получаване и изследване на нанодиамантни прахове, като е единствения сътрудник в ИКИТ – БАН с правоспособност за работа с взривни вещества и технологии за научни цели.

### II. Актуалност на темата на дисертационния труд

Представеният дисертационен труд разглежда една много актуална и динамично развиваща се съвременна научна област от материалознанието, свързана с разработването на нови методи за получаване на наноразмерни диамантни прахове, тяхното охарактеризиране и възможности за приложения в материали за работа в условията на открития космос.

Акцентирано е върху методите за синтез на нанодиаманти, чрез използване енергията на взривните вещества (ВВ). Показано е, че синтезирането на диаманти в детонационната вълна е един оригинален и високопроизводителен метод за получаване на ултрадисперсни материали. В тази връзка като актуални и важни са изведени научните проблеми, свързани с изследване термодинамичните условия, съпровождащи превръщането на ВВ и образуването на наноразмерни диаманти, механизма на синтез и връзката между добива на нанодиаманти и външните условия, разработването на физически модели на процеса, характеризирани свойствата на синтезираните

материали и апробиране на нови области за приложение на нанодиамантите, включително и за космически изследвания.

### III. Дисертационен труд

Дисертационният труд на тема "Метод за синтез на наноразмерен диамант, за приложение в материали за космически експерименти" е оформен съгласно изискванията на ЗРАС и Правилника за неговото приложение. Дисертационният труд е с обем от 128 страници, като съдържа 32 фигури, 14 таблици и снимков материал, като са посочени 164 литературни източници, главно от чуждестранни научни списания и патенти.

Представеният за рецензиране дисертационен труд съдържа Въведение, изследователска част, структурирана в пет глави, изводи от получените резултати и формулирани основни приноси на дисертацията.

Приложени са списък на публикациите, включени в дисертацията. Приложен е и автореферат върху дисертацията, който също е оформен съгласно изискванията на ЗРАС и Правилника за неговото приложение.

В уводната част са разгледани задълбочено основните методи за синтез на нанодиаманти, както са формулирани и обосновани основните цели и задачи, методи на изследване и възможни практически приложения на резултатите, получени в дисертацията.

**Първата глава** представя резултатите от сравнителен ализ на състоянието на проблема, свързан с основните методи за получаване на изкуствени диаманти - статични и динамични. Акцентирано е върху динамичните методи, използващи енергията на взрива. Дефинирани са основните предимства и недостатъци на различните методи.

**Втора глава** е посветена на теоретични изследвания, свързани с извеждане на числени зависимости между условията при синтеза на НД и качественият и количественият състав на продуктите от взрива. Направен е аргументираният извод, че синтезирането на НД, явяващи се фаза на високото налягане при детонация на ВВ, се реализират при най-благоприятни условия в детонационната вълна. В резултат от изследванията представени в тази глава, е преставена схема за оценка възможностите на широк клас въглеродсъдържащи ВВ, при евентуалното им бъдещо използване за синтез на НД.

**Третата глава** детайлно разглежда извършените от дисертанта експериментални изследвания, свързани с методите за получаване на нанодиаманти и оптимизиране на процесите и условията за тяхното протичане.

Изложението на материала в тази глава, недвусмислено доказва задълбочените знания и компетентности на гл. ас. инж. Л. Марков, в областта на прилагане на взривните технологии за получаване на нанодиаманти, уменията да планира експерименти, да анализира получените резултати, като отчита и постигнатото от други научни колективи. Резултатите от проведените експерименти потвърждават теоретичните изследвания и заключения, направени в предната глава. Представен е един оригинален метод за деагрегиране на гроздовидни структури, при който суспензията от нанодиаманти и вода се подлага на неколкостранно замразяване с течен азот, като в резултат на възникналото високо налягане, агрегатите се разрушават. В

края на трета глава са формулирани синтезирано изводите от направените изследвания.

**Четвърта глава** е посветена на охарактеризирането на синтезирания по взривен път НД и определяне на неговите основни параметри, като са използвани най-съвременни методи и апаратура. Резултатите от изследванията и анализите на пробите доказват по безспорен начин, че детонационно синтезираният материал е наноразмерен диамант. Определени са основните характеристики на получения материал НД, като минимален и максимален размер, съдържание на остатъчни примеси в НД проби.

**Пета глава** разглежда едно приложение на детонационно синтезирания нанодиамант в материали, използвани в космически експерименти. Образци от разработената алуминиева сплав В95, модифицирана с НД, са качени на борда на МКС, с цел изследване влиянието на условията в открития космос върху структурните, физически и механични качества на образци от експерименталната сплав с добавка от НД. Резултатите от сравнителните изследвания на характеристиките на референтните образци от композитната алуминиева сплав, оставени на Земята и тези на образците, престояли от външната страна на МКС, ще дадат възможност за оценка и бъдещи приложения на композитни материали с добавки от НД, не само за космически изследвания, но и за наземни приложения при работа в експериментни условия.

#### **IV. Приноси**

Основните приноси на дисертационния труд са оформени в две направления – научни и научно - приложни:

Като един от основните научни приноси на дисертацията, мога да отбележа създаването на взривен метод и лабораторна установка за синтез на НД от свободния въглерод на мощни ВВ, като едновременно с това са определени основните зависимости между различните фактори, влияещи върху синтеза на НД.

Друг съществен научен принос на дисертационния труд е разработеният нов оригинален метод за деагрегация на гроздовидните структури НД по нехимичен път, чрез неколкостепенно замразяване с течен азот и последваща обработка с мощен ултразвуков дезинтегратор.

В дисертационния труд са формулирани и научно-приложни приноси. Разработените научни проблеми в настоящият дисертационен труд дават възможност да бъде оценена перспективността на множество ВВ за тяхното евентуално използване за детонационен синтез на НД. Друг оригинален научно-приложен е използването на НД като модификатор на алуминиева сплав В 95, с цел получаване на нов композиционен материал, и възможности за реално изследване влиянието на космическите условия върху нейните структурни и механични качества, в състава на космическия експеримент „ОБСТАНОВКА“, проведен на Международната Космическа Станция.

#### **V. Публикации**

Дисертационният труд на гл. ас. инж. Людмил Георгиев Марков, включва три публикации по темата на дисертацията, като две от тях са самостоятелни, а в третата е първи автор. И трите работи са публикувани в сборници с доклади от научни конференции с международно участие.

Научните резултати и приноси, изложени в приложените публикации и в дисертационният труд, са основна заслуга на дисертанта гл. ас. инж. Людмил Георгиев Марков.

## VI. Препоръки и забележки по дисертацията

Нямам съществени забележки, както по оформянето на дисертацията и автореферата, така и по същество. Считам, че разглежданата тематика, свързана с получаването и прилагането на наноразмерни диаманти, е изключително актуална, както поради все повече разрастващите се области на тяхното приложение, така и реалните възможности да се приложи при технологиите за утилизирани на излезли от употреба боеприпаси.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Във връзка с изложеното до тук, давам положителна оценка на дисертационния труд на тема "Метод за синтез на наноразмерен диамант, за приложение в материали за космически експерименти", и предлагам на Научното жури да присъди образователната и научната степен "доктор" в област на висше образование 5. „Технически науки“, професионално направление 5.2. „Електротехника, електроника и автоматика“, научна специалност „Автоматизирани системи за обработка на информация и управление“ (нанотехнологии и материали за приложения в космическите изследвания), на гл. ас. инж. Людмил Георгиев Марков.

16 август 2017 год.

Изготвил становището:



/проф. д-р. Д. Теодосиев/

