



## **РЕЦЕНЗИЯ**

върху дисертационния труд

*на инж. Пламен Георгиев Трендафилов*

докторант свободна форма на обучение  
на тема

### **„СИНТЕЗ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА СПЕЦИАЛИЗИРАНИ СИСТЕМИ ЗА БЛИЗКА РАДИОЛОКАЦИЯ”**

за получаване на образователната и научна степен „Доктор”  
в област на Висше образование 5. Технически науки, Професионално  
направление 5.2 Електроника, електротехника и автоматика, Научна  
специалност ”Автоматизирани системи за обработка на информация и  
управление” (космически изследвания)

от

*професор, дтн, инж. Георги Сотиров,*  
секция „Аерокосмически системи за управление,, -  
Институт за космически изследвания и технологии - БАН

Настоящата рецензия е изготвена на основание Решение на Научния съвет на Института за космически изследвания и технологии – БАН (ИКИТ-БАН), заповед № 127/03.11.2020г. на директора на ИКИТ-БАН, Решение на научното жури (Протокол №1/24.11.2020 г.) и в съответствие на Чл.6 (1) от Правилника за реда и условията за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в БАН и Чл.32 (1) от ЗРАСРБ.

#### **1. Актуалност и значимост на разработвания научен проблем, цел и задачи на дисертационния труд**

Системите и средствата за близка радиолокация (СБРЛ) намират широко приложение при решаването на множество задачи, свързани с откриването и

разпознаването на обекти, измерването на параметрите на движение и определянето на координати. Най-често това са радиолокационни системи, системи за радиоуправление, системи за охранна сигнализация, а така също и системи за предаване на информация, като най-голямо разпространение са намерили системите и устройствата с непрекъснато излъчване.

В тази връзка представеният за рецензиране дисертационен труд, посветен на синтезиране и изследване на определен клас специализирани системи за близка радиолокация, е особено актуален. Трудът се явява обобщено изследване с научен и научно-приложен характер, свързано с изследване и оценка възможностите на специализирани СБРЛ, използвани в радиовзриватели. Извършена е оценка на определен клас СБРЛ за радиовзриватели, като са синтезирани структурни схеми за решаване на конкретни задачи, разработени са експериментални прототипи и е изследвана работата им, създадени са алгоритми за обработка на сигналите. Разработването на теоретичния и експериментален материал в дисертацията съвпада с повишаване на бойната ефективност на въоръжението, използващо радиовзриватели, към които в условията на конфликт се предявяват все по-високи изисквания към тяхната надежност, радиоелектронна защита и др.

Това определя основната цел на дисертационния труд, която е свързана с приложението на специализирани СБРЛ за радиовзриватели, предназначени за поразяване на наземно разположени цели.

За постигането на тази цел авторът е решил следните задачи:

1. Литературен обзор и основни сведения от теорията на системите за близка радиолокация;
2. Изучаване на реалните сигнали;
3. Изследване и оценка на стабилизацията на височината на действие;
4. Устойчивост срещу смущения на СБРЛ използвани за радиовзриватели.

Поставените от докторанта цел и задачи са правилно формулирани и съответстват на идеята на едно типично научно и научно-приложно изследване, каквото е настоящият дисертационен труд.

## **2. Обща характеристика и структура на дисертационния труд**

Дисертационният труд се състои от увод, четири глави, заключение, научни и научно-приложни приноси и литература с общ обем 114 страници и съдържа 26 формули и 67 фигури. Литературната справка обхваща 74 източника, от които 6 на латиница и 68 на кирилица. Дисертационният труд е илюстриран с цветни фигури и графики, което позволява добро онагледяване и възприемане на получените резултати.

В глава 1 „Литературен обзор и основни сведения от теорията на системите за близка радиолокация” са изследвани възможностите на доплерови СБРЛ, както с хетеродинно, така и автодинно схемно решение, като са анализирани техните особености на работа и са посочени техните

предимства и недостатъци. Оценени са и възможностите на СБРЛ с честотна модулация на сигнала, използващи спектрален и интегрален методи на обработка. В сравнение от спектралния метод при използване на интегралния метод, отражателните свойства на грунда не влияят върху точността на отчетите, а само върху амплитудата на сигнала.

За решаването на практическите задачи по създаване на радиовзриватели на основание проведения анализ се предлага блокова схема на СБРЛ, като са изследвани и оценени възможностите на основните функционални блокове: радиосензор, блок за обработка на сигналите, изпълнително устройство, устройство за безопасност, захранващ блок.

На базата на съвременното състояние и тенденциите за развитие на специализираните СБРЛ са обосновани основните изисквания към радиовзривателите.

В глава 2 „Изучаване на реалните сигнали“ са изследвани и оценени енергетичните, пространствените и времевите показатели на реалните сигнали използвани в СБРЛ за създаване на радиовзриватели.

Разработен е и е изследван транзисторен автодин, като са снети неговите статични модулационни характеристики съответно за управление на честотата и за паразитната амплитудна модулация (ПАМ). Проведен е анализ на работа на автодинната система при допускане, че използваната модулация е линейна. Доказано е, че полезният сигнал има две компоненти – едната отразяваща работата на автодина без ПАМ, а втората влиянието на ПАМ върху спектъра на сигнала.

За постигне на по-добра стабилност на височината на задействане на системата в условията на променящи се отражателни свойства на земната повърхност са анализирани реалните сигнали от изхода на радиосензора.

Проведено е изследване на реалните сигнали от изхода на радиосензора с помощта на разработен цифров рекордер, като анализът на записаната информация се осигурява от специализиран софтуерен модул.

За целите на изследването са разработени и изпитани експериментални образци на СБРЛ върху силно наклонен терен, обрасъл с дървета и храсти.

Проведено е по-детайлно изучаване на сигналите от автодинен сензор с честотна модулация на базата на разработени и изпитани с помощта на дрон специализирани образци СБРЛ, в които се обработва една от спектралните компоненти на сигнала.

В резултат от изследванията е установено, че при увеличаване на дължината на модулираната вълна се постига възможност за увеличаване на височината на задействане на радиовзривателите.

В глава 3 „Стабилизация на височината на задействане“ е проведен анализ и са оценени възможностите за стабилизиране на височината на задействане на СБРЛ за радиовзриватели. За целта са изследвани различни схемни решения СБРЛ - системите без модулация на сондиращия сигнал, системи с честотна модулация на сондиращия сигнал и системи с честотна модулация на сондиращия сигнал с нулева компонента от спектъра.

Предложен е адаптивен метод за стабилизиране на височината на разривите в системите без модулация на сондиращия сигнал, използващ цифрова обработка на сигнала при продължително измерване на амплитудата му и прекъснато сравняване на получените стойности за две последователни височини с постоянна разлика.

Разработен и верифициран е алгоритъм А за обработка на сигналите без модулация, като работата на алгоритъма е проверена с теоретично построен отразен сигнал, а така също и с реален сигнал.

Предложен е метод за стабилизиране на височината на разривите в системите с честотна модулация на сондиращия сигнал, чрез откриване на главния лист на функцията на Бесел. Създаден и верифициран е алгоритъм В за откриване на основния лист на функцията на Бесел с използване на реални сигнали от изхода на радиосензора.

Изследвани и оценени са възможностите на алгоритъм А за обработка на сигналите в системи с честотна модулация на сондиращия сигнал с нулева компонента.

Проведените теоретико-експериментални изследвания доказват много добра стабилизация на височината на задействане при използване на разработените алгоритми, което позволява да бъдат разработени и внедрени съвременни радиовзриватели в различни средства за поразяване на наземни цели.

Глава 4 „Устойчивост срещу смущения“ е посветена на практическа верификация на ефективността на предложените методи и алгоритми за обработка на сигналите в СБРЛ за радиовзриватели на въздействието на различни смущаващи сигнали, като се има предвид все по-голямото усъвършенстване на системите за радиоелектронно противодействие.

Анализирана е устойчивостта на СБРЛ за радиовзриватели при въздействието както на активни, така и на пасивни смущения. За недопускане задействане на радиовзривателите на големи височини се предлагат организационни и конструктивни мерки като включване в подходящ времеви момент на радиосензора или използване на алтернатор в качеството на захранващ токоизточник.

Изследвана е устойчивостта срещу смущения на предложените алгоритми за обработка на сигналите чрез компютърни имитации на смущения. Оценена е реакцията на алгоритмите А и В при въздействие както на немодулирани, така и на модулирани смущаващи сигнали. При въздействие на различни смущения алгоритмите показват много добра устойчивост, като по-добра устойчивост има алгоритъм В.

За целите на изследването е създадена специализирана софтуерна платформа на базата на генератор на специални сигнали, която позволява изучаване и анализ поведението на различни технически решения и софтуерни алгоритми на СБРЛ в реално или в близко до реалното време.

Дисертационният труд завършва със заключение, в което са представени научни и научно-приложни приноси, авторски публикации по дисертационния

труд и литература. Акцентът е поставен върху изследването и създаването на СБРЛ за радиовзриватели, предназначени за поразяване на наземно разположени цели. Особен интерес представлява решената в дисертацията задачата за стабилизиране на височината на разрива на боеприпаса, която има съществено влияние върху ефективността на поразяване.

Избраният от докторанта подход осигурява постигането на поставените в научния труд цел и задачи.

### **3. Характеристика на научните и научно-приложните приноси в дисертационния труд. Достоверност на материала**

При рецензирането на дисертационния труд може да се заключи, че докторантът задълбочено познава състоянието на проблема и творчески е подходил при разработването и решаването му. По същество авторът стриктно се е придържал към основната схема на научното изследване - описание на функционалните зависимости между основните параметри и методи за изследване, моделиране, експериментирание и проверка за адекватност на получените резултати.

Избраните и акуратно осъществени подходи за решаване на научния проблем и възможността за практическото му приложение характеризира докторанта, като добре осведомен, творчески оценяващ нивото на развитие и постиженията в научната област, свързани за изследване, синтезиране и оценка на СБРЛ за радиовзриватели, предназначени за поразяване на наземно разположени цели и като научен работник е способен самостоятелно да формулира и решава сложни комплексни научни задачи.

Постигнатите резултати се явяват нови подходи, методи, модели и доразвитие на съществуващите към настоящия момент знания, допълнени с експериментален и фактологически материал. Направените заключения правилно обясняват физическата картина на изследваните явления и са логически завършени, поради което материалът е достоверен и претендираните приноси следва да бъдат признати.

### **4. Оценка на научните резултати и приносите на дисертационния труд**

По принцип приемам приносите на дисертационния труд, така както са формулирани в дисертацията и автореферата, но съгласно общоприетата терминология бих обобщил научните приноси като: доказване с нови средства на съществени нови страни на съществуващи научни проблеми и теории; нови схеми на изследване; получаване на нови и потвърдителни факти.

В резултат на авторските изследвания са оценени възможностите за синтез и изследване на специализирани системи за близка радиолокация, като

са анализирани енергетичните, пространствените и времевите показатели на използваните в тях реални сигнали, тяхната устойчивост при въздействия на различни смущения и условията за използване.

Новото и оригиналното в работата се състои в използването в СБРЛ на сигнали, получени от реален радиосензор, разположен в корпуси на имитационни боеприпаси, пускани над различни терени, а така също предложените методи и разработени алгоритми за адаптивно задействие на системата при немодулиран сондиращ сигнал и за откриване на главния лист на функцията на Бесел за постигане на висока стабилност на височината на задействие на радиовзривателя.

Оценката за нивото на дисертацията и личния принос на автора ми дава основания да направя заключението, че представеният дисертационен труд съответства на изискванията за самостоятелно научно изследване с високо научно ниво, предявени в ЗРАСРБ и Правилника за неговото приложение.

## **5. Оценка на публикациите по дисертацията и авторството**

По дисертацията са представени общо 6 публикации в научни списания и сборници у нас от национални конференции с международно участие, което е достатъчно, като брой кредити по кредитната система в БАН. Една публикация е самостоятелно дело на докторанта, а всички останали публикации са съвместни работи на автора с неговия научен консултант.

В публикуваните статии и доклади са разкрити основните приноси на дисертационния труд, което дава възможност на заинтересованите лица да се запознаят с постигнатите резултати.

Декларирам, че нямам общи публикации с автора на дисертационния труд.

## **6. Литературна осведоменост и компетентност на докторанта**

Дисертантът познава много добре изследвания проблем. За същото свидетелства големия брой ефективно използвани в литературния обзор източници, част от които са на латиница.

## **7. Оценка за автореферата**

Авторефератът с обем 54 страници представя правдиво структурата, съдържанието и приносните елементи на дисертационния труд.

## 8. Критични бележки

1. При оформянето на дисертационния труд и автореферата на някои места са допуснати правописни грешки.

2. Списъкът на приетите съкращения в дисертацията е непълен, а в автореферата отсъства, което в някои случаи затруднява възприемането на съдържанието.

3. фиг. 4.16 се повтаря и изразява две различни по съдържание фигури в текста на дисертацията.

4. В автореферата отсъства заглавието на глава 3.

Посочените критични бележки, които са от формален характер не намаляват достойнствата и приносите на представения дисертационен труд. На лице е една завършена работа, както с научни, така и научно-приложни приноси, илюстрираща много доброто познаване от страна на автора на основния инструментариум за изследване, синтезиране и оценка на СБРЛ за създаване на радиовзриватели, предназначени за поразяване на наземно разположени цели, както и демонстрираща умението на докторанта за самостоятелна научна и научно-изследователска работа.

## 9. Заключение

Положителната оценка при анализа на дисертацията и личния принос на автора за постигнатите резултати ми дава основание, да направя заключение, че представеният дисертационен труд на тема „Синтез и изследване на специализирани системи за близка радиолокация” съответства на изискванията ЗРАС на Република България и Правилника за приложението му за придобиване на образователната и научна степен “Доктор”.

Във връзка с това препоръчвам на членовете на уважаемото Научно жури да гласуват за присъждане на инж. Пламен Георгиев Трендафилов образователната и научна степен “Доктор” в област на Висше образование - 5. Технически науки, Професионално направление 5.2 Електроника, електротехника и автоматика, Научна специалност ”Автоматизирани системи за обработка на информация и управление” (космически изследвания) .

Дата 07.01.2021 г.

РЕЦЕНЗЕНТ ..... /м/ .....

ВЯРНО С ОРИГИНАЛА

