



Получена на
01.09.2026г.

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен
„доктор”.

Автор на дисертационния труд: Маг. инж. София Стефанова Узунова

Тема на дисертационния труд: „Свърхширококолентови технологии за комуникация на борда на летателните апарати и локализация на цели в условия на смущения“ по професионално направление: 5.5 Транспорт, корабоплаване и авиация, научна специалност „Навигация, управление и експлоатация на въздушния транспорт“.

Рецензент: проф. дтн. инж. Георги Сотиров – Институт за космически изследвания и технологии – БАН.

Представената рецензия е на основание заповед № ОЖ-5.5-23 от 26.06.2026 г. на Ректора на Техническия университет-София и на решение от заседание на Научното жури, проведено на 06.07.2026 г.

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем.

Темата на дисертационния труд е интересна и актуална защото непрекъснатото нарастване на количеството пилотируема и безпилотна авиация налага необходимостта да се търсят нови методи, средства и технологии за подобряване на надеждността, точността и сигурността на комуникационните системи в авиационна среда и радиолокационните системи за откриване и съпровождане на малоразмерни и точкови цели в урбанизирана среда. В тази връзка особено перспективни се явяват съвременните свърхширококолентови (СШЛ) безжични технологии, които се отличават съществено от класическите тесноколентови комуникационни и радиолокационни системи по принципите на формиране на сигналите, методите за обработка и техническата реализация.

2. Поставени цели и задачи.

Основна цел на дисертационния труд е да се изследват възможностите за приложение на СШЛ технологии за безжични бордови комуникации в гражданската

авиация и откриване и съпровождане на малоразмерни цели в условия на смущения. Задачите, които си е поставила дисертантката са следните:

1. Анализ на характеристиките, областите за приложение и методите за обработка на СШЛ сигнали;
2. Проектиране на СШЛ печатни антени за безжична бордова комуникация в ЛА и симулационни изследвания в Matlab среда с Ansys HFSS верификация в различни честотни диапазони;
3. Изготвяне на методика и експериментално изследване шумоустойчивостта на бордовите комуникационни системи на реален самолет при въздействие на СШЛ сигнали;
4. Синтезиране блокова схема на радарна система на 24 GHz и провеждане практически изследвания на възможностите за приложение на СШЛ сигнали за откриване на малоразмерни цели в условия на урбанизирана среда.

3. Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал.

Прегледът на списъка на използваната литература включваща 146 заглавия, от които 80 на латиница показва, че авторката на дисертацията е добре запозната с концептуални разработки относно особеностите и възможностите за приложение на СШЛ технологии за безжични бордови комуникации и откриване и съпровождане на малоразмерни цели в урбанизирана среда.

4. Съответствие на избраната методика на изследване и поставената цел и задачи на дисертационния труд с постигнатите приноси.

Обект на разработката са възможностите за приложение на СШЛ радиокомуникационни и радиолокационни сигнали и методите за тяхната обработка.

Заслуга и принос на авторката са създадените прототипи на СШЛ печатни антени за безжична бордова комуникация в ЛА и тяхните симулационни изследвания в Matlab среда и верификация с Ansys HFSS в различни честотни диапазони. Предложена е методика за експериментално изследване шумоустойчивостта на бордовите комуникационни системи на реален самолет при въздействие на СШЛ сигнали.

Усвоени са възможностите за приложение на СШЛ сигнали за откриване на малоразмерни цели, в условия на урбанизирана среда.

От съдържанието е видно, че в дисертационния труд са използвани съвременни методи за изследване на сложни радиоелектронни системи, методите на статистическата теория на комуникационни и радиолокационни системи и устройства, математическа статистика и математическо и машинно моделиране на изследваните процеси.

Оценявам положително методичния подход на дисертантката Узунова, защото той позволява да се натрупат знания и опит в съвместното използване на СШЛ радиокомуникационни и радиолокационни сигнали.

5. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд.

Приемам, че дисертационният труд е добре написан, развит е в увод, три раздела и заключение и отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България и Правилника към него, както и на Правилника на Техническия университет – София за дисертация за образователната и научна степен „Доктор“.

В раздел *Първи* се разглежда съвременното състояние на проблема, като са анализирани и класифицирани СШЛ сигнали. Обосновани са техните предимства и възможни области за използване. За целите на изследването дисертантката е провела анализ на математическите модели на сондиращи СШЛ сигнали и изискванията към тях. Анализирани са модели на радиолокационни цели, при използване на СШЛ сигнали и методите им за откриване и обработка. Оценени са и недостатъците на разгледаните методи за обработка на отразените СШЛ радиолокационни сигнали.

Раздел *Втори* е посветен на изследване възможностите за приложение на свръхшироколентови пач антени за безжична бордова комуникация в авиацията. Дисертантката е провела изчислителни процедури и избор на основните параметри на микролентова пач антена за честоти 5.8 GHz и 6.5 GHz. За целите на изследването са разгледани алгоритмичният процес и математическият модел в MATLAB среда за изграждане на правоъгълна микролентова пач антена, базирана на зададени входни технически параметри.

Проведени са симулационни изследвания в MATLAB и 3D симулационно изследване в софтуерната среда Ansys HFSS среда за оценка на основни показатели като коефициент на стояща вълна, входен импеданс, насоченост и насочено действие, ефективност на излъчване, коефициент на отражение и други важни параметри на проектираните антени.

Анализът на резултатите след симулацията потвърждава много висока степен на съответствие между 3D HFSS симулациите и аналитичния дизайн, реализиран в MATLAB. Получените резултатите показват че, антената има широк честотен диапазон в рамките на двете определени работни честоти, добре е съгласувана, ефективна и има контролируема насоченост. На база проведените измервания и анализи е утвърдено, че изпитваната антена е съвместима с приложимите ETSI и FCC регулаторни изисквания за работа в ISM обхвата 5.8 GHz - 6.5 GHz.

Синтезирана е оригинална методика за изследване шумоустойчивостта на основните БКС при въздействие със свръхшироколентови излъчвания и е проведено е тестване на въздействието върху системите на самолет Boeing 737-200, Airbus A – 320. Резултатите от изследването показват, че маломощен свръхшироколентов предавател може да смущава радиосистемата на TCAS, ATC, ILS локализатора и гласния канал на самолетите.

В раздел *Трети* са изследвани възможностите за приложение на СШЛ радиолокационни сигнали за откриване и съпровождане на малоразмерни цели в условия на смущения. Разгледани са особеностите на СШЛ радиолокация, сигналите от точкови малоразмерни цели. Направен е анализ на техните характеристики, предимства и недостатъци. Разгледани са възможностите за приложение на свръхширококолов радар при откриване и съпровождане на точкови малоразмерни цели в урбанизирана среда и е оценено качеството на радиолокационната информация.

Основните изследвания в този раздел се проведени на базата на синтезираната блокова схема на радар на 24 GHz за откриване и съпровождане на точкови и малоразмерни цели. Предложен е метод за подобряване формата на излъчения (сондиращия) сигнал чрез добавяне на коригиращ импулс с приложение при СШЛ радар. Доказано е че при избора на форма на сондиращи импулси на СШЛ радар трябва да се отчита спектралният коефициент на полезно действие, като един от най-важните енергийни параметри.

За целите на изследването за обработката на СШЛ сигнали дисертантката е синтезирала предварителни съгласувани филтри, изградени на нелинейни вериги във входните устройства на радиолокационните приемници.

Предложена е шестнайсетбитова схема в състава на ССДЦ с приложение в свръхширококоловите радари. Описан е и вариант за техническа реализация, в който операцията на изваждане, или сравняване се извършва с помощта на цифров сигнален процесор или с помощта на програмируеми от потребителя матрици, като са обосновани предимствата и недостатъците на всеки от предложените варианти. Синтезирани са блокова схема на 3D Радар с активна електронна сканираща антена с 16 честоти и са проведени са теренни експерименти, като резултатите са сравнени с представен мобилен свръхширококолов радар.

За подобряване работата на АЦП в специализирания процесор на радар PXG-CCW-Дрон е синтезиран алгоритъм и е проверена неговата работоспособност в условия на Гаусов шум.

Предложените в този раздел устройства доказано подобряват характеристиките по отношение разстоянието на откриване, точността при определяне на разстоянието при различни работни сценарии, симулирани по време на експеримента.

В края на всеки раздел са представени направените изводи, които според рецензента правилно отразяват получените резултати.

Анализът на системната реализация и приложенията показва, че СШЛ технологии са приложими в широк кръг авиационни и радиолокационни задачи.

6. Научни и научноприложни приноси на дисертационния труд.

Като цяло подкрепям формулираните в дисертационния труд приноси, които по мое мнение обобщено се заключават в:

Научно приложни:

- Разработена и апробирана е методология за проверка на шумоустойчивостта на критични самолетни комуникационни и навигационни системи срещу СШЛ смущения;

- Разработен е модифициран алгоритъм за обработка на отразени СШЛ импулси, използващ НЧ филтър на Найкуист, който оптимизира производителността на АЦП по-ефективно от филтрация на Калман.

Приложни:

- Проведен е тест върху реални самолети, който доказва, че СШЛ сигналите могат да причинят нестабилност в ILS системите и да задействат предупреждения „ATC Fail“.

- Проектираните антени за 5,8 GHz и 6,5 GHz демонстрират висока ефективност и силна корелация между симулациите и физическите тестове.

- Проведените с дрон PXG-XCW изследвания, доказват способността на синтезираната радарна система да открива цели с размер по-малки от 30 см на ниска височина.

Получените в дисертационния труд резултатите са приложими за оценка на електромагнитната съвместимост, сигурността на летищата и подобряване на учебните програми по авиационно инженерство както бакалавърски, така и магистърски програми.

7. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите.

Приемам, че дисертантката е участвала активно в дейностите по разработките, което се вижда от публикациите по дисертацията, в три от които тя е единствен автор.

В образователно отношение София Узунова е усвоила методите и средствата за изследване и приложение на СШЛ технологии за безжични бордови комуникации в гражданската авиация и откриване и съпровождане на малоразмерни цели в условия на смущения. Отлично се е представила и в планираните изпити по индивидуалния план от докторанската програма.

8. Преценка на публикациите по дисертационния труд.

Публикациите по дисертацията са 4 на брой и са представителни за обхвата и. В тях дисертантката е единствен автор в три от тях и всички публикации са включени в рецензирани издания и на конференциите „Техника. Технологии. Образование. Сигурност 2025“ и на международна научна конференция на ВВВУ „Георги Бенковски“ 2025 г. Това е основание да се приеме, че резултатите от изследванията по дисертацията са познати.

9. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика.

От анализа на приносите по дисертационния труд може да се направи извод, че дисертантката е решила поставените задачи по дисертацията и постигнатите

результати имат стойност в областта на СШЛ радиокомуникационни и радиолокационни сигнали и методите за тяхната обработка. Постигнатото в дисертацията представлява полезна стъпка за СВЧ комуникационни приложения, като сателитни комуникации и въздушни системи, където изискванията за ефективност и насоченост са от решаващо значение

10. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му, както и на адекватността на отразяване на основните положения и приносите на дисертационния труд.

След внимателен прочит на автореферата приемам, че той отразява коректно всички части на дисертацията и дава представа за същността на проведените изследвания и получените резултати. Спазени са и изискванията за изготвяне на автореферата в съответствие с образеца, посочен на сайта на Техническия Университет, София в раздел "Развитие на Академичния състав - Работни документи".

11. Мнения, препоръки и бележки.

По време на обсъжданията и предварителната защита имах няколко критични бележки и препоръки, които са взети под внимание в окончателния вариант на дисертацията.

Имайки предвид актуалността и високата информативност на дисертационния труд и получените оригинални резултати препоръчвам същият да бъде издаден като учебно пособие в помощ на студентите и докторантите от научна специалност „Навигация, управление и експлоатация на въздушния транспорт“.

12. Заключение

По представения материал може да се съди, че научните изследвания в дисертацията са проведени прецизно и коректно, а научното ниво на получените резултати е високо. Дисертационният труд отговаря на изискванията за ЗРАС в Р.България и ИП на ЗРАС за изпълнение на дисертационен труд за получаване на образователна и научна степен „Доктор“.

Във връзка с гореизложеното, давам положителна оценка на дисертационния труд на София Стефанова Узунова и предлагам същата, да бъде избрана за "Доктор" в област на висше образование 5 „Технически науки“, професионално направление 5.5 Транспорт, корабоплаване и авиация, научна специалност „Навигация, управление и експлоатация на въздушния транспорт“.

Рецензент:

24.08.2026 г.

Проф. дтн. инж.

/Георги Сотиров/

Възг. с оригинала





REVIEW

of a doctoral thesis submitted for the award of the academic and scientific degree of 'Doctor'.

Author of the doctoral thesis: Sofia Stefanova Uzunova, MSc (Eng.)

Title of the doctoral thesis: 'Ultra-wideband technologies for on-board aircraft communications and target localisation under interference conditions' in the professional field: 5.5 Transport, Shipping and Aviation, scientific specialisation 'Navigation, Control and Operation of Air Transport'.

Reviewer: Prof. Georgi Sotirov, DSc – Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences

This review is submitted pursuant to Order No. OZ-5.5-23 of 26 June 2026 issued by the Rector of the Technical University of Sofia and a decision taken at a meeting of the Scientific Jury held on 6 July 2026.

1. Relevance of the problem addressed in the thesis.

The topic of the thesis is interesting and relevant because the continuous growth in the number of manned and unmanned aircraft necessitates the search for new methods, means and technologies to improve the reliability, accuracy and security of communication systems in an aviation environment and of radar systems for the detection and tracking of small and point targets in an urban environment. In this regard, modern ultra-wideband (UWB) wireless technologies appear particularly promising; they differ significantly from conventional narrowband communication and radar systems in terms of signal formation principles, processing methods and technical implementation.

2. Objectives and tasks.

The main objective of this thesis is to investigate the potential applications of UWB technologies for wireless on-board communications in civil aviation and for the detection and tracking of small targets in the presence of interference. The tasks set by the author are as follows:

1. To analyse the characteristics, areas of application and methods for processing UWB signals;
2. To design UWB printed antennas for wireless airborne communication in aircraft and to conduct simulation studies in the MATLAB environment with Ansys HFSS verification across various frequency bands;

3. Development of a methodology and experimental investigation of the noise immunity of airborne communication systems on an actual aircraft when exposed to UWB signals;
4. Synthesis of a block diagram for a 24 GHz radar system and conducting practical investigations into the potential applications of SHL signals for detecting small targets in an urban environment.

3. Level of understanding of the state of the art and creative interpretation of the literature.

A review of the bibliography, comprising 146 titles, 80 of which are in Latin script, shows that the author of the thesis is well acquainted with conceptual developments concerning the characteristics and potential applications of SSL technologies for wireless on-board communications and the detection and tracking of small targets in an urban environment.

4. Consistency between the chosen research methodology and the stated aim and objectives of the thesis, and the contributions achieved.

The subject of this study is the potential applications of UWB radio-communication and radar signals and the methods for their processing.

The author's achievement and contribution lie in the prototypes of UWB printed antennas developed for wireless on-board communication in aircraft, and their simulation studies in the Matlab environment and verification using Ansys HFSS across various frequency bands. A methodology is proposed for the experimental investigation of the noise immunity of airborne communication systems on a real aircraft when subjected to UWB signals.

The potential for applying UWB signals to detect small-sized targets in an urban environment has been explored.

It is evident from the content that the thesis utilises modern methods for the study of complex radio-electronic systems, the methods of statistical theory of communication and radar systems and devices, mathematical statistics, and mathematical and computational modelling of the processes under investigation. I commend the methodological approach adopted by the doctoral candidate, Ms Uzunova, as it enables the accumulation of knowledge and experience in the combined use of SSB radio-communication and radar signals.

5. A brief analytical description of the nature and an assessment of the reliability of the material on which the contributions of the thesis are based.

I consider that the thesis is well written, structured into an introduction, three chapters and a conclusion, and complies with the requirements of the Law on the Development of Academic Staff in the Republic of Bulgaria and its Regulations, as well as the Regulations of the Technical University of Sofia for a thesis leading to the academic and scientific degree of 'Doctor' .

Section One examines the current state of the problem, analysing and classifying UWB signals. Their advantages and potential areas of application are substantiated. For the purposes of the research, the doctoral candidate has analysed the mathematical models of probing UWB signals and the requirements placed upon them. Models of radar targets using UWB signals and the methods for their detection and processing are analysed. The shortcomings of the methods considered for processing reflected UWB radar signals are also assessed.

Section Two is devoted to investigating the potential applications of ultra-wideband patch antennas for wireless on-board communication in aviation. The PhD candidate carried out computational procedures and selected the main parameters of a microstrip patch antenna for frequencies of 5.8 GHz and 6.5 GHz. For the purposes of the study, the algorithmic process and mathematical model were examined in the MATLAB environment for the design of a rectangular microstrip patch antenna, based on specified input technical parameters.

Analysis of the results following the simulation confirms a very high degree of agreement between the 3D HFSS simulations and the analytical design carried out in MATLAB. The results obtained show that the antenna has a wide frequency range within the two specified operating frequencies, is well-matched, is efficient and has controllable directivity. Based on the measurements and analyses carried out, it has been established that the tested antenna complies with the applicable ETSI and FCC regulatory requirements for operation in the 5.8 GHz–6.5 GHz ISM band.

An original methodology has been developed to investigate the noise immunity of the main avionics systems when exposed to ultra-wideband emissions, and testing has been carried out to assess the impact on the systems of a Boeing 737-200 and an Airbus A320. The results of the study show that a low-power ultra-wideband transmitter can interfere with the radio systems of the TCAS, ATC, ILS localiser and glide path channel on aircraft.

Section Three examines the potential applications of ultra-wideband radar signals for the detection and tracking of small targets in the presence of interference. The characteristics of ultra-wideband radar and the signals from small point targets are discussed. An analysis is carried out of their characteristics, advantages and disadvantages. The potential for applying ultra-wideband radar in the detection and tracking of small point targets in an urban environment is examined, and the quality of the radar information is assessed.

The main research in this section was carried out on the basis of the synthesised block diagram of a 24 GHz radar for the detection and tracking of point and small-size targets. A method has been proposed for improving the shape of the transmitted (probe) signal by adding a correction pulse, with applications in S-band radar. It has been demonstrated that, when selecting the shape of probe pulses for a phased-array radar, the spectral efficiency must be taken into account as one of the most important energy parameters.

For the purposes of this research into the processing of ultra-wideband signals, the author has synthesised preliminary matched filters, based on non-linear circuits in the input stages of radar receivers.

A 16-bit circuit integrated into the signal processing unit is proposed for use in ultra-wideband radars. A variant for technical implementation is also described, in which the subtraction or comparison operation is performed using a digital signal processor or user-programmable matrices; the advantages and disadvantages of each of the proposed variants are justified. A block diagram of a 3D radar with an active electronically scanned array operating at 16 frequencies has been synthesised, and field experiments have been conducted, with the results compared to those of a mobile ultra-wideband radar.

To improve the performance of the analogue-to-digital converter in the PXG-CCW-Drone radar's dedicated processor, an algorithm has been developed and its performance tested under conditions of Gaussian noise.

The devices proposed in this section have been shown to improve performance in terms of detection range and range-finding accuracy across various operational scenarios simulated during the experiment.

At the end of each section, the conclusions drawn are presented, which, according to the reviewer, accurately reflect the results obtained.

An analysis of the system implementation and applications shows that UWB technologies are applicable to a wide range of aviation and radar tasks.

6. Scientific and applied scientific contributions of the thesis.

Overall, I endorse the contributions set out in the thesis, which, in my view, can be summarized as follows:

Scientific and applied:

- A methodology has been developed and validated for testing the noise immunity of critical aircraft communication and navigation systems against SSR interference;
- A modified algorithm has been developed for processing reflected SSR pulses, utilizing a Nyquist low-pass filter, which optimises the performance of the ADC more effectively than Kalman filtering.

Applied:

- Tests conducted on actual aircraft demonstrate that UWB signals can cause instability in ILS systems and trigger "ATC Fail" warnings.
- The designed antennas for 5.8 GHz and 6.5 GHz demonstrate high efficiency (97.7%) and a strong correlation between simulations and physical tests.
- Research conducted using the PXG-XCW drone demonstrates the ability of the synthetic aperture radar system to detect targets smaller than 30 cm at low altitude.

The results obtained in this thesis are applicable to the assessment of electromagnetic compatibility, airport security and the improvement of aviation engineering curricula at both undergraduate and postgraduate levels.

7. Assessment of the extent of the doctoral candidate's personal contribution to the research.

I accept that the doctoral candidate has actively participated in the research activities, as evidenced by the publications related to the thesis, three of which she is the sole author.

In terms of her academic development, Sofia Uzunova has mastered the methods and tools for researching and applying UWB technologies for wireless on-board communications in civil aviation and for the detection and tracking of small targets in the presence of interference. She has also performed excellently in the scheduled examinations under the individual study plan of the doctoral program.

8. Assessment of the publications related to the doctoral thesis.

There are four publications related to the thesis, which are representative of its scope. The doctoral candidate is the sole author of three of them, and all publications have been included in peer-reviewed journals and at the conferences 'Engineering. Technologies. Education. Security 2025' and at the international scientific conference of the 'Georgi Benkovski' Military Academy in 2025. This provides grounds for concluding that the results of the research for the thesis are well-known.

9. Application of the findings of the doctoral thesis in academic and social practice.

From the analysis of the contributions made in the thesis, it can be concluded that the author has successfully addressed the research questions set out in the thesis and that the results achieved are of value in the field of UWB radio-communication and radar signals and the methods for their processing. The achievements of the thesis represent a useful step forward for UHF communication applications, such as satellite communications and airborne systems, where requirements for efficiency and directivity are of crucial importance

10. Assessment of the abstract's compliance with the requirements for its preparation, as well as the adequacy of its presentation of the main arguments and contributions of the doctoral thesis.

Having read the abstract carefully, I consider that it accurately reflects all parts of the thesis and provides an insight into the nature of the research conducted and the results obtained. The requirements for the preparation of the abstract, in accordance with the template provided on the website of the Technical University of Sofia under the section 'Academic Staff Development – Working Documents', have also been met.

11. Comments, recommendations and observations.

During the discussions and the preliminary defense, I made several critical observations and recommendations, which have been taken into account in the final version of the thesis.

Given the relevance and high informative value of the thesis and the original results obtained, I recommend that it be published as a teaching aid to assist undergraduates and PhD students in the academic discipline of 'Navigation, Management and Operation of Air Transport'.

12. Conclusion

Judging by the material presented, it can be concluded that the scientific research in the thesis has been conducted with precision and rigor, and that the scientific standard of the results obtained is high. The thesis meets the requirements of the Higher Education Act in the Republic of Bulgaria and the Regulations for the Implementation of the Higher Education Act for the completion of a thesis leading to the award of the academic and scientific degree of 'Doctor'.

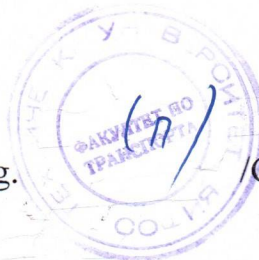
In view of the above, I give a positive assessment of the doctoral thesis by Sofia Stefanova Uzunova and propose that she be awarded the degree of 'Doctor' in the field of higher education 5 'Technical Sciences', professional area 5.5 Transport, Shipping and Aviation, scientific specialization 'Navigation, Management and Operation of Air Transport'.

Reviewer:

24 August 2026

Prof. D.Sc. Eng.

/Georgi Sotirov/



Вярно с опререждането

