

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.285.11  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО  
ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА», МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВА-  
НИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 20.06. 2017 г. № 7

О присуждении Зотову Андрею Васильевичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование влияния рельефа местности на выходные характеристики курсового радиомаяка системы инструментальной посадки самолетов» по специальности 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация принята к защите 14 апреля 2017 г., протокол № 3 диссертационным советом Д 212.285.11 на базе ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19; созданным приказом Минобрнауки России № 764/нк от 05.11.2013 г.

Соискатель, Зотов Андрей Васильевич, 1988 года рождения.

В 2010 году окончил ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» по специальности «Проектирование и технология радиоэлектронных средств»; в 2013 г. окончил очную аспирантуру ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет) по специальности 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация; работает в должностях: ассистента кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры и инженера кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры (по совместительству) ФГАОУ ВО «Южно-Уральский

государственный университет (национальный исследовательский университет)», Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре «Конструирование и производство радиоаппаратуры» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», Минобрнауки России.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, профессор, Войтович Николай Иванович, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», кафедра «Конструирование и производства радиоаппаратуры», заведующий кафедрой.

**Официальные оппоненты:**

Крячко Александр Федотович – доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», кафедра радиотехнических и оптоэлектронных комплексов, заведующий кафедрой;

Важенин Владимир Григорьевич – кандидат технических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург), департамент радиоэлектроники и связи, доцент,

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – АО «Уральское проектно-конструкторское бюро «Деталь», г. Каменск-Уральский Свердловской области, в своем положительном заключении, подписанном Нестеровым Михаилом Юрьевичем, доктором технических наук, начальником отдела № 130, и Цыганковым Максимом Владимировичем, кандидатом технических наук, ведущим инженером отдела № 230, указала, что диссертация Зотова А.В. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые, научно обоснованные технические решения, имеющие существенное значение для развития отечественной отрасли радионавигации. По актуальности рассмат-

риваемых вопросов, научной и практической ценности, новизне и достоверности результатов диссертация Зотова А.В. удовлетворяет требованиям, предъявляемым к научно-квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук согласно п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 10 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 5.

Другие публикации представлены в виде 5 статей, опубликованных в сборниках научных трудов и материалов международных (2) и всероссийских (3) научных конференций. Общий объем опубликованных работ – 8,5 п.л., авторский вклад – 6,85 п.л. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

#### **Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:**

1. Зотов А.В. Влияние поперечного уклона местности на информационный параметр курсового радиомаяка ILS/ А.В. Зотов, Н.И. Войтович, Б.В. Жданов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2014. – С. 71-88 (2,1 п.л. / 1,7 п.л.).

2. Зотов А.В. Диаграммы направленности антенны курсового радиомаяка ILS на поверхности с поперечным уклоном/ А.В. Зотов, Н.И. Войтович, Б.В. Жданов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2014. – С. 5-27 (2,75 п.л. / 2,3 п.л.).

3. Zotov A.V. Asymptotic expansion of problem solution of spherical wave diffraction on wedge / A.V. Zotov, N.I. Voytovich // Proceedings of the XXXIst URSI General Assembly and Scientific Symposium (URSI GASS). Beijing, China (CIE), August 17-23, 2014. pp. 1-4 (0,25 п.л. / 0,18 п.л.), (Scopus).

4. Зотов А.В. Моделирование работы двухчастотной инструментальной системы посадки самолетов / А.В. Зотов, Н.И. Войтович, Б.В. Жданов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2013. – С. 55-69 (1,7 п.л. / 1,4 п.л.).

5. Зотов А.В. Приближенное решение задачи дифракции волн на клине с идеально проводящими гранями / А.В. Зотов, Н.И. Войтович // Сборник трудов 21-й международной конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» КрыМиКо 2011. – Севастополь, 2011. – С. 521-522 (0,125 п.л. / 0,08 п.л.), (Scopus).

На автореферат поступили отзывы:

1. Шуняева Михаила Ивановича, кандидата технических наук, ведущего инженера ООО «ПЛАНАР» (г. Челябинск). Содержит замечания:

– судя по автореферату, при исследовании дифракции волн на клинообразной поверхности использована модель идеально проводящего клина, однако в тексте автореферата нет обоснования для указанной идеализации;

– в автореферате имеются опечатки. Так, например, при указании величины наклона местности « $0,57^\circ$  (уклоны 0,01 %)», наклон в процентах равен 1, а в долях 0,01, т.е. должно быть « $0,57^\circ$  (уклоны 0,01)» или « $0,57^\circ$  (уклоны 1 %)».

2. Салихова Рината Рафиковича, главного конструктора ООО Научно-производственное объединение «Радиотехнические системы» (г. Челябинск). Содержит замечание: отсутствуют результаты по оценке влияния неоднородностей рельефа местности, размер которых сопоставим с излучаемой длиной волны.

3. Кудрявцева Анатолия Юрьевича, кандидата технических наук, доцента 13 кафедры авиационных комплексов и конструкций летательных аппаратов филиала ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил “Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина”» в г. Челябинске. Содержит замечания: из текста ав-

тореферата не понятно: учитывалось ли взаимовлияние излучателей антенной системы курсового радиомаяка ILS при анализе выходных характеристик радиомаяка.

4. Рябова Игоря Владимировича, доктора технических наук, профессора кафедры проектирования и производства электронно-вычислительных систем (ЭВС), и Захарова Юрия Владимировича, кандидата технических наук, профессора, заведующего кафедрой проектирования и производства ЭВС ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет» (г. Йошкар-Ола). Без замечаний.

5. Демакова Юрия Павловича, кандидата физико-математических наук, профессора кафедры «Радиотехника», и Копысова Андрея Николаевича, кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Радиотехника» ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова» (г. Ижевск). Содержит замечание: неясно, какое программное обеспечение использовалось для численного моделирования.

6. Бичурина Мирзы Имамовича, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой проектирования и технологии радиоаппаратуры, и Петрова Романа Валерьевича, доктора физико-математических наук, доцента, доцента кафедры проектирования и технологии радиоаппаратуры ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого» (г. Великий Новгород). Без замечаний.

7. Лерера Александра Михайловича, доктора физико-математических наук, профессора кафедры прикладной электродинамики и компьютерного моделирования ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» (г. Ростов-на-Дону). Содержит замечание: из текста автореферата неясно, для чего необходимы приближенные соотношения для вычисления разности глубин модуляции?

8. Светлова Алексея Юрьевича, кандидата технических наук, заместителя начальника Научно-технического центра ОКБ Акционерного Общества «Челябинский радиозавод «ПОЛЕТ» (г. Челябинск). Содержит замечание от-

носителем отсутствия информации о доверительном интервале и доверительной вероятности при проведении экспериментов и вычислении соответствующих оценок величин.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается близким соответствием проводимых исследований тематике диссертации, высокой квалификацией и компетентностью оппонентов.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

- **разработаны** строгие в виде квадратур и приближённые соотношения для вычисления навигационного параметра – разности глубин модуляции двухчастотного курсового радиомаяка (КРМ).

- **установлены** влияние величины угла поперечного наклона местности относительно направления продолжения оси взлётно-посадочной полосы (ВПП) на формирование диаграммы направленности (ДН) антенны КРМ, навигационного параметра КРМ (разности глубин модуляции), а также закономерности формирования глиссады в зависимости от величины угла поперечного наклона местности относительно направления продолжения оси ВПП;

- **разработаны** теория и методика вычисления навигационного параметра – разности глубин модуляции (РГМ) двухчастотного курсового радиомаяка (КРМ) и глиссадного радиомаяка (ГРМ);

- процедуры выполнения наземных и лётных измерений диаграмм направленности антенн и выходных характеристик курсового радиомаяка с помощью передвижной лаборатории и бортового стенда для неспециализированного воздушного судна;

**предложены:**

- научно-обоснованные положения для решения практических задач, связанных с размещением и работой в реальных условиях местности курсовых радиомаяков систем инструментальной посадки самолётов;

- обобщённая математическая модель формирования сигналов курсового канала системы посадки самолётов формата ILS, учитывающая дифрак-

цию и двукратное отражение радиоволн на трассе «передающая антенна – точка наблюдения»;

- **доказана** допустимость поперечных наклонов местности перед антенной курсового радиомаяка большей величины (величиной до  $2^\circ$ ), чем это изложено в инструкциях по размещению курсового радиомаяка на аэродроме;

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем**, что созданные модели и методы вносят вклад в расширение представлений в области создания, моделирования и эксплуатации систем посадки самолётов и систем ближней радионавигации; при решении задачи исследования взаимного влияния сигналов узкого и широкого каналов на формирование навигационного параметра КРМ формата ILS **уточнена** теория функционирования системы посадки;

**применительно к проблематике диссертации эффективно использованы:** экспериментальные и теоретические (аналитические и численные) методы исследования выходных характеристик курсового радиомаяка, позволившие получить достоверные данные о влиянии рельефа местности;

**показаны** противоречия между жесткими директивными требованиями к местности перед антенной КРМ и их практической реализацией на значительном числе аэродромов гражданской и военной авиации.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

- результаты исследований позволили решить проблему размещения антенной системы КРМ на конкретном аэродроме в предгорной местности со сложным рельефом и сложными гидрогеологическими условиями;

- разработаны процедуры выполнения наземных и летных измерений диаграмм направленности антенн и выходных характеристик КРМ с помощью передвижной лаборатории на базе автомобиля и бортового стенда для неспециализированного воздушного судна.

**Результаты работы были внедрены** в ходе разработки курсового радиомаяка:

- на этапах эскизного, технического проектирования, разработки рабочей конструкторской документации опытного образца комплекса формата ILS;

- при выборе позиции установки антенны КРМ и антенн выносного контроля;

- были положены в основу разработанной программы прогностического моделирования местных предметов на аэродроме;

- при наземных и летных испытаниях комплекса формата ILS на аэродроме, расположенном в предгорной местности.

Результаты экспериментальных исследований включены в Акт летной проверки по программе ввода в эксплуатацию радиомаячной системы инструментального захода воздушного судна на посадку на аэродроме третьей категории ИКАО;

- **определены** перспективы практического использования теории на практике для расчета выходных характеристик КРМ;

- **разработаны:** решения, учитывающие взаимное влияние сигналов узкого и широкого каналов КРМ, в том числе, с учётом отражения радиоволн от местности перед антенной КРМ;

- процедуры выполнения наземных и летных измерений диаграмм направленности антенн и выходных характеристик КРМ, а также передвижная лаборатория на базе автомобиля и бортовой стенд для неспециализированного воздушного судна.

**Представленные** результаты являются основой для уточнения требований к площадкам для размещения курсовых радиомаяков.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:** для экспериментальных работ показана хорошая повторяемость результатов, а также **совпадение** характеристик КРМ по лётным и наземным измерениям выполненным на сертифицированном оборудовании системы посадки



формата ILS в условиях действующего аэродрома; при проведении экспериментальных работ **использовались** апробированные методы лабораторного и натурного эксперимента, полунатурного моделирования, современные методы аналоговой и цифровой обработки сигналов с применением сертифицированного программного обеспечения;

- **теория** построена на использовании известных методов анализа прохождения модулированных радиосигналов через радиотехнические линейные и нелинейные цепи бортовой аппаратуры приёма и обработки сигналов, а также на известных методах теории дифракции и распространения радиоволн в условиях наличия в поле излучения антенны поверхности земли;

- **идея** проведения настоящих исследований **базируется** на анализе противоречий между жесткими директивными требованиями к местности перед антенной КРМ и возможностями их практической реализации на значительном числе аэродромов гражданской и военной авиации;

- **использованы** сравнения авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике в работах иных авторов.

**Экспериментальная проверка результатов** теоретических исследований проходила на действующем аэродроме в ходе выполнения комплексного проекта «Создание высокотехнологичного производства антенн и аппаратных модулей для двухчастотного радиомаячного комплекса системы посадки метрового диапазона формата ILS III категории ИКАО для аэродромов гражданской авиации, включая аэродромы с высоким уровнем снежного покрова и сложным рельефом местности».

- **установлено** качественное и количественное соответствие теоретических выводов данным, полученным экспериментально, корректностью упрощающих предположений, применяемых при построении математических моделей, использованием поверенной измерительной

