

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.268.04 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» МИНОБРНАУКИ РФ ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 25.12.2019г. № 192

О присуждении Плучевскому Андрею Владимировичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Метод автоматического распознавания пешеходов в дорожной сцене по многокомпонентной доплеровской спектрограмме для радиолокационных систем беспилотного автотранспорта» в виде рукописи по специальности 05.12.14 – «Радиолокация и радионавигация» принята к защите 17 октября 2019 года, протокол № 176, диссертационным советом Д 212.268.04, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР) (634050, Томск, пр. Ленина 40, приказ о создании совета № 1030/нк от 30.12.2013 г.).

Соискатель Плучевский Андрей Владимирович 1991 года рождения, в 2014 году окончил ТУСУР, в 2019 году освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре в ТУСУР.

Диссертация выполнена на кафедре телекоммуникаций и основ радиотехники ТУСУР.

Научный руководитель – кандидат технических наук, руководитель Департамента радиолокации акционерного общества «Когнитив» Гельцер Андрей Александрович.

Официальные оппоненты: **Шайдуров Георгий Яковлевич**, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, профессор кафедры радиотехнических войск военно-космических сил воен-

ного-учебного центра (РТВ ВКС ВУЦ), Федерального государственного автономного образовательного учреждения «Сибирского федерального университета» (СФУ); **Суханов Дмитрий Яковлевич**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры радиофизики, Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (ТГУ) – дали **положительный отзыв** на диссертацию

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Омский государственный технический университет**» (ОмГТУ) г. Омск, в своем положительном отзыве, подписанном Майстренко Василием Андреевичем доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Средства связи и информационная безопасность» ОмГТУ указала, что диссертация отвечает критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор Плучевский Андрей Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 – радиолокация и радионавигация.

Соискатель имеет 6 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 6 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 4 работы, выполненные без соавторов и содержащие основные результаты диссертационной работы.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Плучевский А. В. Выделение различий между пешеходом и автомобилем основанное на применении двухмерного дискретного преобразования Фурье для анализа сигнала микро-Доплера // Т-Comm-Телекоммуникации и Транспорт. – 2019. – Т. 13. – №. 5. – С. 61–68.

2. Плучевский А. В. Метод автоматического распознавания пешеходов в дорожной сцене по сигналу микро-Доплера для радиолокационных систем беспилотного автотранспорта // Т-Comm-Телекоммуникации и Транспорт. – 2019. – Т. 13. – №. 8. – С. 51–59.

На диссертацию и автореферат поступило 6 отзывов, **все отзывы положительные:**

**1. Отзыв из Бюджетного учреждения высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет»,** подписанное кандидатом технических наук, ведущим научным сотрудником научно образовательного центра Дёмко Анатолием Ильичом. Замечания по работе:

1. Необходимость использования радиолокатора обоснована ухудшением качества работы оптических камер в темное время суток (страница 3), но не приведено сравнение с оптическими дальномерами, качество работ которых не зависит от освещения.

2. На рисунке 12 при изображении закона изменения частоты не указан промежуток между импульсами, хотя в тексте явно указано, что длительность импульса меньше периода следования импульсов. Также не раскрыта необходимость введения временного интервала между импульсами, превышающего длительность самих импульсов.

**2. Отзыв из Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Института оптики и атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук,** подписанное кандидатом физико-математических наук, научным сотрудником Лавриненко Андреем Викторовичем. Замечания по работе:

1. В схеме эксперимента с пешеходом рассматривается ситуация, в которой автомобиль, с установленным на нем доплеровских радаром, движется параллельно траектории движения пешехода (рис. 13а, стр. 16). Хотя с практической точки зрения был бы интересен случай перпендикулярного движения автомобиля с радаром и пешехода. Кроме того, не рассмотрены случаи групповых и разделяющихся целей.

2. На странице 4 автор пишет, что множество методов распознавания используют алгоритмы машинного обучения, но не перечисляет их и не рассматривает.

3. В положении 2 затруднительно читается формулировка «...сигнала, в качестве которого используется усредненная огибающая изменений во времени амплитуд каждой компоненты доплеровского спектра...».

4. На рис. 1 справа, в схеме радара отсутствуют обозначения синфазного и квадратурного сигналов I и Q, а в описании рисунка не хватает блоков.

**3. Отзыв из акционерного общества «Концерн ВКО «Алмаз-Антей»**, подписанный кандидатом технических наук, заместителем генерального конструктора по космическим и авиационным системам Крутовым Михаилом Михайловичем. Замечания по работе:

1. Движение объектов (пешехода и автомобиля) рассматривается вдоль главной оси антенны радиолокатора, т.е. движение с максимальным эффектом Доплера, хотя такие объекты составляют лишь часть дорожной обстановки. Основную опасность на дороге представляют пешехода переходящие дорогу и автомобили пересекающие проезжую часть. Такие цели по отношению к радиолокатору имеют малый (нулевой или близкий к нулю) эффект Доплера, что несомненно затруднит применение разработанного метода автоматического распознавания на беспилотном автотранспорте.

2. В эксперименте радар был установлен стационарно, что лишило автора возможности оценить применение разработанного метода в реальных условиях, когда эффект Доплера является результатом движения, как беспилотного автотранспорта, так и цели на сути следования. На реализацию метода негативно будут влиять неровность дорожного покрытия и профиль дороги, вызывающие колебания и тряску беспилотного автотранспорта во время движения, тем самым вызывая нестабильность ориентации диаграммы направленности антенны радиолокатора, и ухудшение его разрешающей способности.

**4. Отзыв из акционерного общества «Концерн «Гранит-Электрон»**, подписанный кандидатом технических наук, ведущим научным сотрудником Кружальным Виталием Андреевичем. Замечания по работе:

1. Использование процедур усреднения в применяемых автором алгоритмах приводит к потере «тонких» особенностей распознаваемых объектов. В работе не

рассмотрены возможности прямого анализа изображений спектрограмм с целью учета таких особенностей. Например, выделение и анализ поведения «средних хребтов» - линий максимумов областей связанности спектрограмм. На проведенных в автореферате иллюстрациях хорошо видно, что у распознаваемого объекта этот элемент имеет осциллирующий характер, а у фоновых объектов этот признак отсутствует. Рекомендуем ознакомиться с работой «обнаружение сложных сигналов в пассивной радиолокации, «Морской вестник», Труды XX юбилейной научно-технической конференции ОАО «Концерн «Гранит-Электрон». Специальный выпуск №1(12). Апрель 2016, с 72-74.

2. Применяемый метод не эффективен для распознавания объекта, движущегося перпендикулярно направлению излучения радара, хотя такая постановка задачи особо актуальна. Можно рекомендовать развитие начатых исследований в этом направлении.

3. На рисунке 1 термин «несущая частота»  $f_c$  использован в смысле частоты излучаемого сигнала, а на странице 15 этот термин использован в смысле центральной частоты диапазона перестройки генератора. Правильно называть: начальная частота 77 ГГц, конечная частота 81 ГГц, центральная частота 79 ГГц.

**5. Отзыв из военного учебно-научного центра военно-воздушных сил «Военно-воздушной академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»**, подписанный кандидатом технических наук, заместителем начальника 31 отдела НИЦ ППО и УА ВВС Прохоровским Русланом Александровичем. Замечания по работе:

1. В работе не представлены и не исследованы спектрограммы, соответствующие группе пешеходов, Сравнительная оценка «одиночных» и «групповых» спектрограмм вызывает интерес как с научной, так и с практической точки зрения.

2. Предположение о симметричности доплеровской спектрограммы пешехода положено в основу усреднения каденсной диаграммы. Однако, в представленных в работе автором доплеровских спектрограммах наблюдается некоторая

асимметрия. Автор не приводит данные об изменении мощности критерия при учете асимметрии доплеровских спектрограмм.

3. Выбор значения критерия значимости недостаточно обоснован. Автор не рассматривает поведение пороговой процедуры для динамики мешающих отражений реальной дорожной обстановки.

**6. Отзыв из Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук**, подписанный кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником Гордеевым Василием Федоровичем. Замечания по работе:

1. Исследование проводилось для пешеходов и автомобилей, но нет пояснений, почему выбраны именно эти классы целей. На странице 18 автор перечисляет классы объектов дорожной сцены: «пешеходы, автомобили, велосипедисты, мотоциклисты», но нет обоснования такой классификации.

2. На рисунке 12 недостаточно пояснений. Не обозначена ось ординат  $f$ , не введена переменная  $L$ .

Также в качестве критических замечаний указывается:

На основании представленных результатов, можно утверждать, что рассматриваемый информационный признак является, скорее, достаточным, но не необходимым. В радиолокационном сигнале можно выделить и другие параметры, характеризующие пешехода; Используется относительно простая модель цели, то есть облучение одного пешехода. На улице люди часто ходят группой, в этом случае спектрограмма существенно усложняется; Движение объектов рассматривается вдоль главной оси антенны радиолокатора, т.е. когда эффект Доплера максимален. Цели, пересекающие проезжую часть, создают малый эффект Доплера, это затруднит применение разработанного метода.

**Выбор официальных оппонентов** обосновывается тем, что **Шайдуров Георгий Яковлевич** является признанным, высококвалифицированным специалистом в области радиолокации; **Суханов Дмитрий Яковлевич** широко известен исследованиями в области радиоволновой томографии. Оппоненты имеют публи-

кации по теме исследования и способны объективно оценить диссертационную работу.

**Выбор ведущей организации** – ФГБОУ «Омский государственный технический университет» обосновывается тем, что университет является одним из известных научных центров в области радиотехники, а его сотрудники имеют общепризнанные результаты в соответствующей области и способны аргументированно определить научную и практическую ценность работы.

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

**разработана** новая методика распознавания пешеходов по доплеровской spectroграмме, позволяющая улучшить характеристики распознавания;

**предложен** подход, позволяющий свести обработку двумерного радиолокационного изображения к обработке одномерного для выполнения операции распознавания пешеходов;

**доказана** перспективность использования медленно изменяющихся характеристик доплеровского спектра, измеренного с высоким разрешением, для распознавания объектов в дорожной сцене.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказано**, что периодическое изменение амплитуды составляющих доплеровского спектра радиолокационного сигнала позволяет отличить пешехода от медленно движущегося автомобиля;

**применительно к проблематике диссертации результативно использован**

набор существующих методов цифровой обработки сигналов, в том числе оценки частоты сигналов и обнаружения целей;

**изложены** причины возникновения ошибок при распознавании пешеходов по доплеровскому спектру в присутствии автомобилей;

**изучены** факторы, определяющие вид доплеровской spectroграммы радиолокационного сигнала, отраженного от пешехода и автомобиля.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что результаты диссертационной работы использованы при создании радиолокационного комплекса для беспилотных транспортных средств в АО «Когнитив».

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** – результаты получены на сертифицированном радиолокационном оборудовании, в лабораторных условиях показана высокая степень воспроизводимости результатов;

**идея базируется** на анализе результатов отечественных и зарубежных авторов и на обобщении экспериментальных данных, полученных автором;

**использованы** сравнения полученных автором характеристик распознавания пешеходов с характеристиками, полученными другими авторами, в том числе, другими методами;

**установлено** совпадение экспериментальных данных и качественное совпадение результатов, полученных автором, с результатами, представленными в научных источниках;

**использованы** современные методики сбора, обработки и визуализации исходной радиолокационной информации для выявления информационного признака цели.

**Личный вклад** соискателя состоит в: постановке целей и задач исследования (совместно с научным руководителем), проведении обзора литературы, изучении современных методов распознавания, разработке необходимого программного обеспечения для получения радиолокационных данных и их обработки, участии в проведении экспериментов, анализе экспериментальных данных, разработке метода и алгоритма распознавания пешеходов, в подготовке публикаций.

На заседании 25.12.2019 года диссертационный совет принял решение присудить Плучевскому Андрею Владимировичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 6 докторов наук по специальности 05.12.14 – радиолокация и



радионавигация, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту – 0 человек, проголосовали: за – 19, против – 1, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного  
совета, д.ф.-м.н., проф.



Шандаров С.М.

Ученый секретарь диссертационного  
совета, д.т.н., проф.



Акулиничев Ю.П.