



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по НРиИ  
к.т.н., доцент

А.Г. Лоцилов

«10» 10 2022 г.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» («ТУСУР»)

Диссертация «Повышение точности построения ортофотоплана местности по видеоданным с беспилотного летательного аппарата» выполнена в ТУСУРе на кафедре телевидения и управления (ТУ).

Соискатель Захлебин Александр Сергеевич в 2017 г. окончил магистратуру ТУСУРа по специальности «Радиотехника». С 2017 по 2021 гг., обучался в очной аспирантуре ТУСУРа по направлению 11.06.01 – электроника, радиотехника и системы связи. Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2022 г. ТУСУРОм.

Научный руководитель – Курячий Михаил Иванович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры ТУ ТУСУРа.

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

### **Оценка выполненной соискателем работы**

Диссертация Захлебина Александра Сергеевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной и актуальной задачи создания методик и способов построения и повышения точности ортофотопланов местности по видеоданным с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

### **Личное участие автора в получении результатов**

Задачи исследования сформулированы совместно с научным руководителем работы, который оказывал консультативное содействие и осуществлял верификацию результатов в процессе выполнения работы. Личный вклад автора состоит в планировании и проведении экспериментальных исследований, анализе и интерпретации полученных результатов, формулировании выводов, разработке методов, подготовке публикаций (6 без соавторов из 10). Все результаты получены автором лично или совместно с соавторами при его непосредственном участии. Список публикаций соискателя прилагается к данному ЗаклЮчению.

### **Степень достоверности результатов проведенных исследований**

В диссертационной работе применены экспериментальные и теоретические методы, заключающиеся в получении основных характеристик расчётным путём

путём и последующем сравнении полученных данных с результатами натуральных испытаний. Среди методов исследования применялись теория математической статистики, методы цифровой обработки изображений и математическое моделирование.

### **Научная новизна диссертации**

1. Предложена методика построения ортофотоплана местности, отличающаяся совместным использованием контрольных точек и центров фотографирования.

2. Предложен способ определения функции рассеяния точки изображений с БПЛА, отличающийся использованием априорной информации о параметрах полета и характеристиках видеокамеры.

3. Предложена методика компенсации смаза на изображениях с БПЛА, отличающаяся использованием полученной функции рассеяния точки, вычисленной с учетом априорной информации

### **Практическая значимость диссертации**

1. Практически использовано предложенное аналитическое выражение определения функции рассеяния точки изображения, полученного с БПЛА при различной высоте полета, скорости и времени экспозиции.

2. Экспериментально подтверждена возможность построения геопривязанного ортофотоплана на основе взаимного использования контрольных точек и центров фотографирования.

3. Экспериментально подтверждена возможность дополнительного повышения контраста и точности геопространственных данных после устранения смаза на изображениях предложенной методикой.

### **Ценность научных работ соискателя**

Научные работы соискателя имеют существенную ценность. Нарботан большой объем экспериментального материала. Ценность подтверждается публикациями результатов в рецензируемых журналах и материалах конференций, а также актами использования материалов диссертации.

### **Использование результатов исследований**

1. Проведение комплексных испытаний активно-импульсной телевизионной измерительной системы и системы построения ортофотопланов местности беспилотным воздушным судном на полигоне НИИ РТС, ТУСУР.

2. Проведение авиационных работ и построение ортофотопланов местности для проведения комплексных кадастровых работ на территории Томской области совместно с ООО «Земля и недвижимость», г. Томск.



3. НИР «Разработка технологии подеревной таксации леса по данным аэрофотосъемки с беспилотного летательного аппарата», грант ФСИ по программе УМНИК №651ГУЦЭС8-D3/63775, 2020-2022 гг.

4. Проведение комплексных кадастровых работ на территории Томской области. С повышением точности географической привязки ортофотопланов местности разработанными методами. ООО «СИБГЕОПРОЕКТ», г. Томск.

5. Проведение комплексных кадастровых работ на линейном объекте (ЛЭП). ООО «ГЕОМАСТЕР», г. Томск.

6. Проведение комплексных кадастровых работ на территории Томской области. ООО «Экспертно-консультационный центр «Промышленная безопасность», г. Казань.

7. Создание цифрового двойника объекта культурного наследия. ООО «НПО СИБПРОЕКТАРХЕОЛОГИЯ», г. Томск.

8. Проведение комплексных кадастровых работ на территории Томской области. ООО «СИБГЕОПРОЕКТ», г. Томск.

9. «Активно-импульсные телевизионные измерительные системы для навигации автономных мобильных роботов в сложных условиях видения», проект РНФ № 21-79-10200 в ТУСУРе.

#### **Полнота изложенных материалов диссертации в печатных работах, опубликованных автором**

По результатам исследований опубликовано 10 работ: 2 статьи в журналах из перечня ВАК, 2 статьи в журнале, индексируемом Scopus и Web of Science, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, 5 докладов в трудах международных конференций.

#### **Соответствие содержания диссертации избранной специальности**

Диссертационная работа Захлебина Александра Сергеевича по своему содержанию соответствует паспорту специальности 2.2.6 – «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы» в рамках областей исследования:

- п.6 «Разработка перспективных оптико-электронных приборов и комплексов, предназначенных для получения геопространственной информации, сопряженных с системами глобального позиционирования, в том числе сканеров наземного, авиационного и космического базирования, геодезических приборов»;

- п.12 «Разработка, совершенствование и исследование характеристик приборов, систем и комплексов с использованием электромагнитного излучения оптического диапазона волн, предназначенных для решения задач:

- измерения геометрических и физических величин;

- исследования и контроля параметров различных сред и объектов, в том числе при решении технологических, экологических и биологических задач;

- передачи, приема, обработки и отображения информации;
- управления работой технологического оборудования и контроля производственных процессов;
- создания оптических и оптико-электронных приборов и систем для медицины;
- создания оптического и оптико-электронного оборудования для научных исследований в различных областях науки и техники».

Диссертация «Повышение точности построения ортофотоплана местности по видеоданным с беспилотного летательного аппарата» Захлебина Александра Сергеевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.6 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы.

Заключение принято на заседании научно-технического семинара кафедры ТУ.

Присутствовали на заседании 16 человек. Результаты голосования:  
 «за» - 16 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол №6 от «20» октября 2022 г.

Председатель,  
 д.т.н., доцент,  
 заведующий кафедрой ТУ

  
 \_\_\_\_\_  
 (Подпись)

Т.Р. Газизов

Секретарь,  
 К.т.н., доцент кафедры ТУ

  
 \_\_\_\_\_  
 (Подпись)

В.В. Капустин



**Список публикаций соискателя Захлебина Александра Сергеевича  
Статьи в журналах из перечня ВАК**

1. Захлебин А. С. Метод обработки материалов аэрофотосъемки для построения геопривязанного ортофотоплана местности с телевизионной камеры беспилотного летательного аппарата DJI Phantom 4 PRO / А. С. Захлебин // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2021. – № 4(53). – С. 26-35.

2. Захлебин, А. С. Методика построения ортофотопланов местности с помощью беспилотного квадрокоптера, оснащенного навигационным геодезическим приемником / А. С. Захлебин // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2021. – Т. 24. – № 3. – С. 44-49.

**Публикации в изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science**

3. Construction of digital terrain models for testing active-pulse television measuring systems/ A Zakhlebin, A. Movchan, M. Kuryachiy // Journal of Physics: Conference Series: 17, Tomsk, 17–19 ноября 2021 года. – Tomsk, 2021. – P. 012010.

4. Experimental assessment of the distance measurement accuracy using the active-pulse television measuring system and a digital terrain model/ Kapustin V.V., Zakhlebin A.S., Movchan A.K., Kuryachiy M.I., Krutikov M.V.// Компьютерная оптика. – 2022. – № 46-6.

**Публикации в трудах конференций**

5. Захлебин, А. С. Комбинированный метод построения геопривязанного ортофотоплана местности по изображениям с телевизионной камеры БВС вертолетного типа / А. С. Захлебин, М. И. Курячий // Электронные средства и системы управления. Материалы докладов Международной научно-практической конференции. – 2021. – № 1-2. – С. 250-252.

6. Захлебин, А. С. Построение геопривязанного ортофотоплана участка местности по изображениям с телевизионной камеры БПЛА вертолетного типа / А. С. Захлебин, А. Калибеков, М. И. Курячий // Электронные средства и системы управления. Материалы докладов Международной научно-практической конференции. – 2020. – № 1-2. – С. 187-189.

7. Захлебин, А. С. Подсчет объема насыпи полезных ископаемых с использованием БПЛА вертолетного типа DJI Phantom 4 PRO / А. С. Захлебин // Электронные средства и системы управления. Материалы докладов Международной научно-практической конференции. – 2019. – № 1-2. – С. 195-196.

8. Захлебин, А. С. Верховой осмотр линий электропередач с использованием БПЛА вертолетного типа DJI phantom 4 / А. С. Захлебин // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации. Распознавание - 2018: Сборник материалов XIV международной научно-технической конференции, Курск, 25–28 сентября 2018 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2018. – С. 122-124.

9. Захлебин, А. С. Построение ортофотоплана местности с использованием БПЛА вертолетного типа DJI PHANTOM 4 / А. С. Захлебин // Электронные

средства и системы управления. Материалы докладов Международной научно-практической конференции. – 2018. – № 1-2. – С. 159-161.

**Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ**

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2022665684 Российская Федерация. Определение таксационных характеристик деревьев по ортофотоплану и цифровой модели местности / А.С. Захлебин; заявитель и правообладатель Захлебин Александр Сергеевич. – № 2022660480; заявл. 31.05.2022; опубл. 18.08.2022. – 1 с.