ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА **24.2.375.01**,
созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,
по диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 23.09.2026 № 16

О **присуждении** Ушенкину Виктору Андреевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Методы и алгоритмы совместной обработки информации от космических систем радиолокационного и оптико-электронного наблюдения Земли» **по специальности** 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» **принята к защите** 22.05.2026 г. (протокол заседания № 3) **диссертационным советом** 24.2.375.01, **созданным на базе** федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» (РГРТУ) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1 (приказ о создании диссертационного совета от 11.04.2012 г. № 105/нк).

Соискатель Ушенкин Виктор Андреевич, 19 января 1991 **года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата** технических **наук** «Алгоритмы высокоточной обработки интерферометрической информации от систем дистанционного зондирования Земли на основе 3D-анализа наблюдаемой сцены» **защитил в** 2017 **году в диссертационном совете, созданном на базе** РГРТУ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, **работает** ведущим научным сотрудником **в** НИИ «Фотон» РГРТУ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в НИИ «Фотон» – структурном подразделении РГРТУ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – доктор технических наук Гусев Сергей Игоревич, заведующий кафедрой «Космические технологии» РГРТУ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

- Ермаков Дмитрий Михайлович, доктор физико-математических наук, заведующий отделом «Исследования Земли из космоса» федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт космических исследований Российской академии наук (г. Москва),

- Костров Виктор Васильевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры радиотехники Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (г. Муром Владимирской области),

- Сергеев Владислав Викторович, доктор технических наук, профессор кафедры геоинформатики и информационной безопасности федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (г. Самара)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (г. Москва) **в своем положительном отзыве, подписанном** исполняющим обязанности заведующего кафедрой 604 «Системный анализ и управление», доктором технических наук, доцентом Старковым Александром Владимировичем, заведующим кафедрой 704 «Информационно-управляющие комплексы летательных аппаратов», доктором технических наук, профессором Евдокименковым Вениамином

Николаевичем и утвержденном проректором по научной работе, доктором технических наук, доцентом Ивановым Андреем Владимировичем, **указала, что** диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно-обоснованные технические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие отечественных средств обработки информации от космических систем радиолокационного и оптико-электронного наблюдения Земли, диссертация отвечает критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук (пп. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней), а ее автор, Ушенкин Виктор Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Соискатель имеет 100 **опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано** 100 **работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано** 23 **работы**. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах. Опубликованные работы включают 25 статей, 1 патент на изобретение, 5 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, 2 коллективные монографии, 2 учебных пособия, 65 тезисов докладов на всероссийских и международных конференциях.

Наиболее значимые работы:

1. Ушенкин, В.А. Алгоритм сжатия радиоголограмм на борту космических аппаратов с РСА / С.И. Гусев, В.В. Еремеев, В.А. Ушенкин, А.Н. Черный // Цифровая обработка сигналов. 2022. № 1. С. 3–7. (*Ушенкиным В.А. предложен алгоритм бортового сжатия радиоголограмм с уменьшенными потерями*).

2. Ушенкин, В.А. Адаптивное нейросетевое сжатие мультиспектральных космических изображений поверхности Земли / В.А. Ушенкин // Цифровая обработка сигналов. 2023. № 3. С. 18–26.

3. Ушенкин, В.А. Оценивание доплеровского центроида при первичной обработке космических радиоголограмм маршрутного режима съемки путем

амплитудного анализа / В.А. Ушенкин // Цифровая обработка сигналов. 2024. № 3. С.31–39.

4. Ушенкин, В.А. Статистическая радиометрическая коррекция космических РСА-изображений, полученных в маршрутном режиме съемки / В.А. Ушенкин // Цифровая обработка сигналов. 2025. № 3. С. 3–9.

5. Ушенкин, В.А. Технологии высокоточной автоматической привязки и высокоуровневой обработки радиолокационных космических изображений / В.А. Ушенкин // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2025. Т. 24. № 2. С. 74–86.

6. Ушенкин, В.А. Комплексирование радиолокационных изображений от восходящего и нисходящего витков орбиты на основе нечеткой логики / А.Э. Москвитин, В.А. Ушенкин // Цифровая обработка сигналов. 2018. № 3. С. 10–15. (*Ушенкиным В.А. предложен метод объединения радиолокационных изображений с восходящего и нисходящего витков орбиты на основе нечеткой логики и привлечения низкодетальных стереофотограмметрических данных*).

7. Ушенкин, В.А. Способ развертывания фазы при интерферометрической обработке информации от космических систем радиолокационного наблюдения Земли: пат. 2612322 РФ: МПК G01S 13/90 / Н.А. Егошкин, В.В. Еремеев, А.Э. Москвитин, В.А. Ушенкин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «РГРТУ». – № 2016113159; заявл. 07.04.2016; опубл. 07.03.2017, Бюл. № 7. (*Ушенкиным В.А. предложены алгоритмы развертывания фазы в рамках метода высокоточной обработки интерферометрических изображений с привлечением низкодетальной стереофотограмметрической информации*).

8. Ушенкин, В.А. Метод высокоточной обработки топографических интерферометрических изображений с привлечением низкодетальной стереофотограмметрической информации от оптико-электронных систем ДЗЗ / В.А. Ушенкин // Цифровая обработка сигналов. 2025. № 1. С. 59–66.

9. Ушенкин, В.А. Алгоритм и программный комплекс высокоскоростной нейросетевой сегментации облачности на панхроматических изображениях от космических аппаратов «Ресурс-П» / А.Э. Москвитин, В.А. Ушенкин, С.А. Ла-

рюков // Цифровая обработка сигналов. 2023. № 3. С. 8–17. (*Ушенкиным В.А. разработан алгоритм нейросетевой сегментации облачности на оптических изображениях с целью выявления атмосферных искажений на радиолокационных интерферограммах*).

10. Ушенкин, В.А. Комплексирование радиолокационных и оптических изображений от космических систем дистанционного зондирования Земли / А.Э. Москвитин, В.А. Ушенкин // Радиотехника. 2019. Т. 83. № 5-2. С. 183–191. (*Ушенкиным В.А. разработаны алгоритмы объединения радиолокационных и оптических изображений на основе выделения важных объектов и на основе раскраски*).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета» (г. Москва). Отзыв подписали научный руководитель, доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации Асмус Василий Валентинович, заместитель главного инженера, кандидат физико-математических наук, заслуженный метеоролог Российской Федерации Кровотынцев Владимир Анатольевич.

2. АО «Корпорация «ВНИИЭМ» (г. Москва). Отзыв подписал заместитель генерального директора по научной работе, доктор технических наук, профессор Геча Владимир Яковлевич.

3. Фрязинский филиал Федерального государственного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук (г. Фрязино, Московская область). Отзыв подписал руководитель лаборатории радиолокационных систем и методов, доктор физико-математических наук Захаров Александр Иванович.

4. Акционерное общество «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем» (АО «Российские космические системы», г. Москва). Отзыв подписали старший научный сотрудник отдела целевого применения КС ДЗЗ радиолокационного наблюдения Научного цен-

тра оперативного мониторинга Земли, кандидат технических наук Костюк Евгений Александрович, главный специалист отдела координации и планирования работ центра, оценки качества данных ДЗЗ Научного центра оперативного мониторинга Земли, кандидат технических наук Жиличкин Алексей Геннадьевич.

5. Акционерное общество «Ракетно-космический центр «Прогресс» (г. Самара). Отзыв подписали заместитель главного конструктора, кандидат технических наук Шилов Лев Борисович, ведущий специалист, кандидат технических наук Журавлев Александр Аркадьевич, первый заместитель генерального конструктора – первый заместитель начальника ЦСКБ Филатов Артем Викторович, утвердил первый заместитель генерального директора – генеральный конструктор, доктор технических наук Ахметов Равиль Нургалиевич.

6. Акционерное общество «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина» (г. Химки, Московская область). Отзыв подписали главный научный сотрудник отдела 57, доктор технических наук, профессор Петров Александр Сергеевич, заместитель генерального конструктора по общему проектированию, кандидат технических наук Москатиньев Иван Владимирович.

В отзывах указаны следующие **замечания**: вопросы обработки радиолокационной и оптико-электронной информации рассматриваются в диссертации применительно к космическим системам наблюдения Земли, при этом родственные вопросы для пилотируемых и беспилотных авиационных систем не затрагиваются, несмотря на близость технических и методологических подходов; сегментация облачности выполняется в работе по изображениям видимого диапазона, в то же время задача сегментации облачности по данным теплового инфракрасного диапазона не рассматривалась; из автореферата не ясно, как на точность геопривязки радиолокационных изображений предложенным алгоритмом (Положение 3) влияет качество оптического опорного покрытия (какую разрядность имели исходные оптические ортоснимки и если были сжатыми, то каким способом и с какой степенью сжатия; как была осуществлена геопривязка исходных ортоснимков: с помощью RPC-полинома (Rational Polynomial Co-

efficients) или другим способом и с какими погрешностями; оценивался ли результат преобразований оптического ортоснимка при деортотрансформации на неизбежные при таком преобразовании структурные изменения и иные потери детальности изображения местности, в том числе с учетом разрядности оптического изображения, а также его ресэмплинга, сжатия); не исследован вопрос (не упомянут в автореферате), насколько улучшится качество сегментации облачности предложенным алгоритмом (Положение 6) при подаче на его вход мультиспектральных изображений, которые получены в 4-х стандартных спектральных каналах спутниковой оптико-электронной аппаратуры дистанционного зондирования Земли («синем», «зеленом», «красном», ближнем инфракрасном) вместо панхроматических, а также, например, тех и других, но с достаточно распространенным пространственным разрешением в диапазоне от 2 м до 30 м; на странице 27 автореферата упоминается «интегральный показатель сходства, контраста и структуры изображения», вместе с тем, формула (25), с помощью которой рассчитывается данный показатель, содержит в себе только составляющие, которые связаны со средним контрастом сжатого и несжатого изображения; в автореферате утверждается, что «охватываются все основные этапы обработки информации, начиная с бортового сжатия, продолжая первичной и стандартной наземными обработками и заканчивая высокоуровневой и тематической наземными обработками в части формирования цифровых моделей высот и объединения различных видов информации», однако многие важные этапы пропущены, например, синтез изображений и др., впрочем, охватить всё невозможно, даже в рамках диссертации из 394 страниц; в пункте 5 защищаемых положений заявлен «Метод высокоточной обработки интерферометрических изображений с целью получения цифровых моделей высот … позволяющий в среднем в 10 раз уменьшить среднеквадратическую ошибку определения высот по сравнению с лучшими зарубежными аналогами», улучшение ошибки определения высот выглядит удивительно сильным и может быть вызвано непредставительной оценкой; использованные в сравнении «лучшие зарубежные аналоги» – это коммерческие пакеты обработки, по-хорошему, надо сравнить ре-

зультаты с цифровыми моделями рельефа типа SRTM, Copernicus DEM, сформированными процессорами обработки типа DLR и подобными им; в автореферате не показано, какая малопараметрическая полиномиальная модель используется при совмещении радиолокационных и оптических изображений, а также какие параметры строгой модели уточняются по результатам совмещения; в автореферате не показано, как выполняется окончательное развертывание фазы интерферограммы в рамках предложенного метода интерферометрической обработки; в автореферате не рассмотрены вопросы, связанные с отсутствием возможности одновременного (синхронного) получения с одного космического аппарата (КА) оптических и радиолокационных данных по одному участку земной поверхности; алгоритм бортового сжатия оптических изображений был исследован на изображениях от КА «Канопус-В», имеющих 8-разрядные коды яркости, в связи с этим не ясно, какой будет эффективность алгоритма при применении к изображениям большей разрядности, характерным для оптико-электронных КА разработки АО «РКЦ «Прогресс»; в работе отсутствует анализ эффективности предложенного алгоритма сжатия радиоголограмм по сравнению с применением кодирования отсчетов радиоголограммы в формате с плавающей точкой, как это реализовано в КА «Обзор-Р»; в положении 5, выносимом на защиту, сказано, что предложенный соискателем метод обработки интерферометрических изображений позволяет в среднем в 10 раз уменьшить среднеквадратическую ошибку (СКО) определения высоты по сравнению с лучшими зарубежными аналогами, однако в положении 7 указано лишь 3 %, нет ли противоречия между двумя пунктами; не ясно, какие конкретно составляющие ошибки, вносимые космическим интерферометром, удается устранить, а какие, возможно, и нет; в положении 2 желательно уточнить, какими факторами обусловлены накладываемые предложенной методикой точности (по СКО) оценок наведения диаграммы направленности антенны локатора на цель по углам рыскания, тангажа и крена (1.5'), можно ли добиться дальнейшего улучшения.

Все отзывы на автореферат положительные и содержат вывод о том, что диссертация соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается известностью их достижений в данной области науки, наличием публикаций по тематике диссертации, что позволяет им определить теоретическую и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны алгоритмы бортового сжатия радиоголограмм и оптических изображений земной поверхности с потерями на основе блочно-адаптивного квантования и энтропийного кодирования (для радиоголограмм) и нейросетевых моделей (для оптических изображений), позволяющие при заданной степени сжатия уменьшить уровень искажений до 5 % по сравнению с известными детерминированными алгоритмами; алгоритмы геодезической привязки и геометрической обработки радиолокационной информации на основе ее совмещения с опорными оптическими изображениями, позволяющие повысить точность оценки координат объектов в среднем до одного пикселя опорных данных и значительно сократить время формирования стандартных информационных продуктов; алгоритм высокоскоростной нейросетевой сегментации облачности на оптических изображениях с целью выявления атмосферных искажений на радиолокационных интерферограммах, позволяющий в 22 раза сократить объем вычислений по сравнению с известной архитектурой «U-Net» при сохранении высокой точности сегментации; алгоритмы объединения разнородной информации от космических систем радиолокационного и оптико-электронного наблюдения Земли, позволяющие на 3 % уменьшить среднеквадратическую ошибку измерения высоты по сравнению с лучшей из объединяемых цифровых

моделей местности, на 10 % снизить потери информативности объединяемых изображений и представить радиолокационные изображения в естественных цветах;

предложены методы уточнения угловой ориентации космического аппарата с совместным использованием измерений оптико-электронных приборов и результатов амплитудного анализа радиолокационных изображений, позволяющие оценить угол крена со среднеквадратической ошибкой 1,5' и на 28 % сократить временные затраты на уточнение углов рысканья и тангажа; метод объединения радиолокационных изображений с восходящего и нисходящего витков орбиты на основе нечеткой логики и использования низкодетальной высотной информации от оптико-электронных систем, позволяющий в среднем в 6 раз уменьшить площадь геометрических искажений без образования ложных границ; метод высокоточной обработки интерферометрических изображений с целью получения цифровых моделей высот на основе анализа сюжета интерферометрического изображения и привлечения низкодетальной высотной информации от оптико-электронных систем наблюдения Земли, позволяющий в среднем в 10 раз уменьшить среднеквадратическую ошибку определения высот по сравнению с лучшими зарубежными аналогами в виде коммерческих программных пакетов интерферометрической обработки;

доказана эффективность методов и алгоритмов, сформулированных в Положениях, при совместной обработки информации от космических систем радиолокационного и оптико-электронного наблюдения Земли;

введено понятие совместной обработки радиолокационной и оптико-электронной информации как обработки информации, сформированной космическими системами радиолокационного наблюдения Земли, с привлечением изображений и производных продуктов космических систем оптико-электронного наблюдения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано улучшение радиометрического и геометрического качества и увеличение скорости формирования информационных продуктов космических

систем радиолокационного и оптико-электронного наблюдения Земли, достигаемого при совместной обработке информации от таких систем с помощью разработанных методов и алгоритмов;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы методы системного анализа, цифровой обработки сигналов, оптимизации, линейной алгебры, математической статистики, теории графов и искусственного интеллекта;

изложены основные идеи предложенных методов и ключевые шаги разработанных алгоритмов совместной обработки информации, позволяющие повысить радиометрическое и геометрическое качество информационных продуктов и увеличить скорость их формирования;

раскрыты проблемные вопросы совместной обработки информации, на решение которых направлены разработанные методы и алгоритмы;

изучены закономерности изменения уровня искажений, внесенных при бортовом сжатии радиоголограмм, в ходе синтеза радиолокационных изображений, влияние ошибок знания относительного значения доплеровского центроида на точность оценивания доплеровской неопределенности, закономерности распределения линий разрыва фазы на интерферограммах в зависимости от параметров наблюдаемой сцены;

проведена модернизация метода разрешения доплеровской неопределенности, известных алгоритмов развертывания фазы на интерферограмме, известной нейросетевой архитектуры «U-Net», позволившая существенно увеличить скорость обработки информации, а также повысить точность формирования интерферометрических цифровых моделей высот.

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

разработаны и внедрены в виде программных комплексов обработки информации разработанные методы и алгоритмы в Ракетно-космическом центре «Прогресс» (г. Самара), корпорации «Российские космические системы»

(г. Москва), ЦНИИмаш (г. Королев Московской области) и НИИ космических систем имени А.А. Максимова – филиале ГКНПЦ им. М.В. Хруничева (г. Королев Московской области);

определены показатели и численные оценки эффективности разработанных методов и алгоритмов;

создана программная документация, позволяющая эффективно применять программные комплексы совместной обработки информации на предприятиях ракетно-космической отрасли России;

представлены результаты экспериментальных исследований разработанных методов и алгоритмов с привлечением натурной, модельной и опорной информации от космических систем радиолокационного и оптико-электронного наблюдения Земли.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ статистическое соответствие объема натурных данных решаемой задаче, обоснование численных критериев эффективности разработанных методов и алгоритмов совместной обработки радиолокационной и оптико-электронной информации;

теория построена на методах системного анализа, цифровой обработки сигналов, оптимизации, линейной алгебры, математической статистики, теории графов, искусственного интеллекта и согласуется с результатами экспериментальных исследований;

идея базируется на системном анализе технологий обработки информации в космических системах радиолокационного и оптико-электронного наблюдения Земли, обобщении и модернизации известных подходов к обработке информации в таких системах;

использованы известные методы, алгоритмы и технологии сжатия изображений и радиоголограмм, оценивания доплеровских параметров, интерферометрической обработки, а также нейросетевые архитектуры для сравнения с разработанными автором методами и алгоритмами;

установлено, что результаты, полученные автором, не противоречат известным решениям аналогичных задач, а разработанные методы и алгоритмы превосходят их по эффективности;

использованы численные оценки эффективности разработанных методов и алгоритмов.

Личный вклад соискателя состоит в разработке новых эффективных методов и алгоритмов совместной обработки информации от космических систем радиолокационного и оптико-электронного наблюдения Земли, их программной реализации, проведении экспериментальных исследований с использованием модельных, натурных и опорных данных и получением численных оценок эффективности, обосновании преимущества разработанных методов и алгоритмов по сравнению с известными аналогами, интеграции разработанных методов и алгоритмов в технологическую линию наземной обработки информации от космической системы «Обзор-Р».

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что согласно п. 9 Положения о присуждении ученых степеней диссертация Ушенкина В.А. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований с единых позиций системного анализа изложены новые научно-обоснованные технические решения в виде методов и алгоритмов обработки информации от космических систем радиолокационного наблюдения Земли с привлечением изображений и производных продуктов космических систем оптико-электронного наблюдения, внедрение которых вносит значительный вклад в повышение эффективности использования спутниковых данных в России.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие **критические замечания**: не приведено явным образом, какая степень сжатия радиоголограмм достигается предложенным алгоритмом (положение 1); не ясно, как результаты, достигнутые при бортовом сжатии (положение 1), используются при дальнейшей наземной обработке (положения 2–7), из-за чего положение 1 выглядит инородным по отношению к остальным положениям; не раскрыто, где

проходит граница между высокочастотной и низкочастотной составляющими при их разделении (положение 7).

Соискатель Ушенкин В.А. с частью замечаний согласился, на остальные замечания и **на задаваемые ему в ходе заседания вопросы** ответил **и привел собственную аргументацию**.

На заседании 23.09.2026 г. **диссертационный совет принял решение** за новые научно обоснованные технические решения совместной обработки информации от космических систем радиолокационного и оптико-электронного наблюдения Земли, внедрение которых вносит значительный вклад в научно-технологическое развитие страны, **присудить** Ушенкину В.А. **ученую степень доктора** технических **наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 11 докторов наук по специальности 2.3.1., участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета,
д-р техн. наук, профессор Клочко Владимир Константинович

Ученый секретарь
диссертационного совета,
д-р техн. наук, доцент Пруцков Александр Викторович

23.09.2026 г.