

УТВЕРЖДАЮ

Директор Научно-производственного
Унитарного предприятия «Научно-
технический центр «ЛЭМТ» БелОМО»
Д. Ф. М. Н., проф., академик НАН Беларуси



А.П. Шкадаревич

06 2023 г.

ОТЗЫВ ОППОНИРУЮЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

по диссертации Старосотникова Николая Олеговича на тему

«СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ КАЛИБРОВКИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ»

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности

05.11.07 – оптические и оптико-электронные приборы и комплексы

1. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и отрасли науки.

Диссертационная работа Н.О. Старосотникова «Средства и методы геометрической калибровки оптико-электронных аппаратов для дистанционного зондирования Земли» посвящена геометрической калибровке оптико-электронных аппаратов для дистанционного зондирования Земли, средствам реализации, факторам, влияющим на погрешность калибровки, методикам калибровки. Содержание диссертации соответствует отрасли «Технические науки» пункту 1 «Математическое моделирование физических процессов в оптико-электронных приборах и устройствах» и пункту 2 «Методы и процессы для создания оптических и оптико-электронных приборов для формирования и обработки оптических изображений» раздела III «Области исследования» паспорта специальности 05.11.07 – оптические и оптико-электронные приборы и комплексы.

2. Научный вклад соискателя в разработку научной проблемы с оценкой его значимости.

Важным применением снимков, полученных современной съёмочной оптико-электронной аппаратурой оптическими методами, является их использование для измерения геометрических размеров снимаемых объектов. Для этого выполняется геометрическая калибровка оптико-электронной аппаратуры с высокой

*Вх. № 11-52/46
от 16.06.2023*

точностью. Существует необходимость выполнять калибровку для оптико-электронной аппаратуры с различными техническими характеристиками.

Таким образом необходимо создание универсальных высокоточных устройств для калибровки.

Исходя из этого соискателем внесён следующий научный вклад в области геометрической калибровки оптико-электронных аппаратов:

1. Разработан тест-объект с широким диапазоном пространственно-энергетических и временных характеристик формируемого рисунка.

2. Проанализированы факторы, влияющие на погрешность определения координат центров элементов изображения рисунка тест-объекта, разработана методика математической и экспериментальной оценки этих факторов, методы уменьшения их влияния на погрешность.

3. Разработана модель калибровки и метод поиска центров элементов изображения рисунка тест-объекта.

4. Разработана методика геометрической калибровки многоматричных оптико-электронных аппаратов, в том числе температурного смещения пространственной структуры микрозеркал цифрового микрозеркального устройства и элементов фотоприёмника оптико-электронных аппаратов. Апробирована методика калибровки стандартными методами: коллиматором с тест-объектом в виде стеклянной пластины и тахеометром.

3. Конкретные научные результаты с указанием их новизны и практической значимости, за которые соискателю может быть присуждена искомая учёная степень.

Соискателю может быть присуждена учёная степень кандидата технических наук по специальности 05.11.07 – оптические и оптико-электронные приборы и комплексы за полученные ***новые научные результаты***:

1. Способ реализации тест-объекта для калибровки геометрических параметров оптико-электронных аппаратов, отличающийся применением цифрового микрозеркального устройства, установленного в фокальной плоскости коллиматора, что обеспечивает уменьшение от 4 до 5 раз времени и погрешности калибровки по сравнению с тахеометром и сопоставимо со специальным тест-объектом в виде стеклянной пластины.

2. Метод определения координат центра элемента изображения рисунка тест-объекта по энергетическому центру тяжести, отличающийся последовательной фильтрацией изображения фильтром Винера; использования порога значения двумерного сигнала изображения, ниже которого они принимаются равными нулю; присвоении значениям сигнала квадратичных весовых коэффициентов; а также вписыванию в площадку фотоприёмника элемента изображения рисунка тест-объекта, что позволяет уменьшить погрешность определения координат центров

элементов изображения рисунка тест-объекта от 3 до 5 раз.

3. Алгоритм математической обработки изображения с произвольным количеством элементов рисунка тест-объекта по их энергетическим центрам тяжести, заключающийся в предварительном поиске требуемой области обнаружения путём применения контурных алгоритмов, а также вычисления кросскорреляции между рисунком тест-объекта и его изображением, что обеспечивает возможность автоматизации процесса поиска, исключение регистрации ложных объектов и уменьшает время обработки от 20 до 100 раз.

4. Методика калибровки геометрических параметров оптико-электронных аппаратов с многоматричными фотоприёмниками, включающая: температурное смещение элементов фотоприёмников оптико-электронного аппарата, элементы внешнего ориентирования (пространственную ориентацию оптико-электронного аппарата относительно коллиматора) путём обработки измеренных данных по всем фотоприёмникам, элементы внутреннего ориентирования (фотограмметрическое фокусное расстояние, расположение фотоприёмников в фокальной плоскости, коэффициенты аппроксимации дисторсии) по каждому фотоприёмнику в противоположных положениях коллиматора, которая позволяет обеспечить погрешность совокупных параметров от $\pm 0,2''$ до $\pm 1,0''$, что от 3 до 10 раз меньше по сравнению с существующими методиками.

4. Соответствие научной квалификации соискателя учёной степени, на которую он претендует.

Анализ содержания диссертационной работы позволяет заключить, что автор глубоко владеет современным состоянием в области геометрической калибровки оптико-электронных аппаратов, является квалифицированным специалистом в этой области. Приведённые результаты по анализу факторов, влияющих на погрешность калибровки, применение нестандартных подходов для уменьшения их влияния, апробированные различные методы калибровки свидетельствуют о теоретической подготовке, а также опыте и мастерстве экспериментатора и разработчика.

С учётом также уровня научных публикаций (5 статей в рецензируемых журналах, 2 патента, 10 научно-технических конференциях), наличия 4-х актов о практическом применении результатов в производстве, можно заключить, что ***научная квалификация автора соответствует искомой учёной степени кандидата технических наук.***

5. Замечания по диссертации

На рис. 1.7 диссертационной работы некорректно отражены стрелками направления отраженных от зеркал лучей.

На рис. 35 “Схема оптическая принципиальная” с ходом главного луча – вместо “с ходом...”- правильнее было бы “для осевого пучка”.

На стр. 96 в табл. 45 при сравнении макетов не указан спектральный диапазон эффективного фокусного расстояния $f'_{эф}$.

В тексте диссертации вместо термина “Фотолитография” упоминается термин “Литография”.

Указанные недостатки не умаляют достоинства диссертационной работы Старосотникова Н.О. и не препятствует присуждению ему искомой ученой степени кандидата технических наук.

6. Выводы

Диссертация Старосотникова Николая Олеговича «Средства и методы геометрической калибровки оптико-электронных аппаратов для дистанционного зондирования Земли», представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.11.07 – оптические и оптико-электронные приборы и комплексы отвечает требованиям ВАК Беларуси, предъявляемым к кандидатским диссертациям, содержит новые научно обоснованные результаты по актуальному направлению – геометрической калибровке оптико-электронных аппаратов. Н.О. Старосотников заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.11.07 – оптические и оптико-электронные приборы и комплексы.

Отзыв обсуждён после заслушивания доклада соискателя в НТЦ «ЛЭМТ» БелОМО» и принят открытым голосованием (присутствовало 13 человек, в том числе 1 доктор и 4 кандидатов наук, результаты голосования: «за» 5, «против» – 0, «воздержались» – 0).

Председатель

д. ф.- м. н., профессор,

академик НАН Беларуси Шкадаревич А.П.

Эксперт

к. т. н. Шишкин И.П.

Ученый секретарь

к. ф.-м. н. Петрович И.П.



*Отзыв поступил в совет
16.06.2023 Н.Н. Ризанович*

*С отзывом ознакомлен
16.06.2023 Е.И. Михалов Старосотников*