

## **Отзыв**

научного руководителя на диссертационную работу

**Старосотникова Николая Олеговича**

«Средства и методы геометрической калибровки оптико-электронных аппаратов»

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы

С развитием оптико-электронных приборов в целом и фотоприёмников как основных регистрирующих элементов, расширяются области их практического применения в качестве измерительных средств для определения геометрических размеров различных объектов: от систем технического зрения на сборочных конвейерах автоматических линий до оптических систем астроориентации космических аппаратов и фотосъёмки поверхности планеты при дистанционном зондировании Земли (ДЗЗ). Фотоприёмники уже выступают не только в качестве регистрирующих элементов, но также могут использоваться и как отсчётные устройства, поскольку технологические возможности их производства обеспечивают малые линейные размеры пикселей и высокую плотность их взаимного расположения в сочетании с высокой точностью технического исполнения и пространственной периодичностью. Необходимость обеспечения большого поля зрения в пространстве предметов и одновременно высокой разрешающей способности снимаемых объектов приводит к появлению существенных технологических ограничений при создании таких фотоприёмников. Решением проблемы становится применение нескольких фотоприёмников, установленных на одной электронной плате, однако при монтаже они могут быть установлены с некоторой погрешностью. Поэтому необходимо в последующем проводить геометрическую калибровку таких оптико-электронных приборов, а результаты геометрической калибровки могут быть использованы в качестве набора фиксированных данных модели съёмки. Таким образом, развитие способов и методов геометрической калибровки для широкого класса оптико-электронных приборов становится актуальной задачей.

Диссертационная работа Старосотникова Н.О. посвящена средствам и методам геометрической калибровки оптико-электронных аппаратов, в частности для дистанционного зондирования Земли, факторам, влияющим на погрешность, методам уменьшения погрешности геометрической калибровки. Данная диссертационная работа выполнялась в НКУ «Космос» ОАО «Пеленг» и Белорусском национальном техническом университете на кафедре «Лазерная техника и технология».

Всего Старосотниковым Н.О. было опубликовано более 40 печатных работ, в том числе учебно-методическое пособие по курсовому проектированию. По теме диссертации – 17 печатных работ, из них 5 статей в рецензируемых научных журналах, 2 патента на изобретения, а также тезисы докладов на научно-технических конференциях. Результаты диссертационных исследований нашли применение не только на производстве, но и в образовательном процессе, предложенные методы и способы геометрической калибровки оптико-электронных аппаратов для ДЗЗ, используются в учебном процессе на кафедре «Лазерная техника и технология» Белорусского национального технического университета, при изучении дисциплины «Специальные оптические приборы».

Будучи на разных этапах обучения студентом, магистрантом и аспирантом приборостроительного факультета, Николай Олегович принимал активное участие в проводимой научно-исследовательской работе. Неоднократно участвовал в республиканских конкурсах научных работ студентов Республики Беларусь: в 2011 году его первая работа набрала суммарных баллов, соответствующих 3 категории, а в 2013 и 2015 годах 2 работы уже были удостоены – 1 категории.

За время обучения Старосотников Н.О. зарекомендовал себя как прилежный, грамотный и эрудированный студент, магистрант, аспирант не только в областях, связанных со специальностью, но и в гуманитарных дисциплинах. Проявил заинтересованность в получении глубоких знаний в сфере оптико-электронного приборостроения. Хорошо владеет математическими пакетами прикладных программ для численного моделирования, умеет проводить экспериментальные исследования и юстировку оптико-электронных приборов, систематизировать полученные данные, имеет глубокие знания об уровне развития современной оптико-электронной техники.

Диссертационное исследование «Средства и методы геометрической калибровки оптико-электронных аппаратов» выполнено на высоком научном уровне и заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.07 – Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы за следующие новые научные результаты:

– 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;

– метод определения координат центра элемента изображения рисунка тест-объекта по энергетическому центру тяжести, отличающийся последовательной фильтрацией изображения фильтром Винера, применением порога, значения двумерного сигнала изображения ниже которого 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;

– 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;

– методика калибровки геометрических параметров оптико-электронных аппаратов с многоматричными фотоприёмниками, включающих: 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.

Научный руководитель  
кандидат технических наук, доцент  
кафедры «Лазерная техника и технология»,  
приборостроительного факультета БНТУ



Фёдорцев Р.В.

