

А. Г. Хаустов¹, М. П. Егоренко¹*

Конструкция широкодиапазонной малогабаритной видеокамеры для беспилотного аппарата

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация
* e-mail: zatura2013@mail.ru

Аннотация. Применение двух- и многодиапазонных матричных фотоприемных устройств, в которых рабочие спектральные диапазоны принимаются непосредственно одним приемником излучения, позволяет упростить оптическую схему современных оптико-электронных систем, уменьшить их габариты, массу, энергопотребление и увеличить быстродействие. Вместе с такими устройствами успешно функционируют двух- и многоканальные оптико-электронные системы, в которых происходит разделение на отдельные спектральные каналы. В таких системах разделение по спектральным диапазонам осуществляется разветвлением оптической оси для каждого используемого спектрального канала и фотоприемного устройства. В статье рассмотрены широкодиапазонные малогабаритные дроны, а также области их применения. Выполнен компьютерный расчет оптической системы. Предложена предварительная конструкция устройства камеры, принимающая излучение в диапазоне 0,42 мкм – 14 мкм и работающая с двумя приемниками излучения (UV-NIR, MWIR- LWIR). Также данная конструкция удовлетворяет требованиям беспилотных аппаратов по грузоподъемности оптико-электронных модулей не менее 120 грамм.

Ключевые слова: видеокамера, малогабаритная видеокамера, объектив, широкодиапазонная оптическая система, многодиапазонная оптическая система, ультрафиолетовый, видимый, ближний инфракрасный, средний инфракрасный, дальний инфракрасный

A. G. Khaustov¹, M. P. Egorenko¹*

The design of a wide-range small-sized video camera for an unmanned vehicle

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
* e-mail: zatura2013@mail.ru

Abstract. The use of two- and multi-band matrix photodetectors, in which the operating spectral ranges are received directly by one radiation receiver, makes it possible to simplify the optical scheme of modern optoelectronic systems, reduce their dimensions, weight, energy consumption and increase performance. Together with such devices, two- and multi-channel optoelectronic systems operate successfully, in which there is a separation into separate spectral channels. In such systems, the separation by spectral ranges is carried out by branching the optical axis for each spectral channel and photodetector used. The article discusses wide-range small-sized drones, as well as their applications. A computer calculation of the optical system has been performed. A preliminary design of the camera device is proposed, which receives radiation in the range of 0.42 μm – 14 μm and works with two radiation sources (UV-NIR, MWIR- LWIR). Also, this design meets the requirements of unmanned vehicles with a load capacity of optoelectronic modules of at least 120 grams.

Keywords: video camera, small-sized video camera, the lens, wide-range optical system, multi-band optical system, ultraviolet, visible, near infrared, medium infrared, long infrared

Введение

Существуют оптико-электронные системы (ОЭС), работающие в различных диапазонах спектра. Самыми распространенными спектральными диапазонами, в которых работают современные ОЭС, являются: ультрафиолетовый (УФ) (UV 0,05–0,4 мкм); видимый (VIS 0,4–0,76 мкм); ближний инфракрасный (ИК) (NIR 0,76 – 0,9 мкм); коротковолновый ИК (SWIR 0,9–3,0 мкм); средневолновый ИК (MWIR 3–5 мкм); длинноволновый ИК (LWIR 8–14 мкм). Также производятся оптико-электронные приборы, имеющие несколько оптических каналов, работающих в разных диапазонах. В подобных приборах идет разделение, например, для работы в дневное время используется канал видимого излучения, а в ночное время или в условиях недостаточной видимости – инфракрасный канал, или эти каналы работают одновременно для обеспечения единовременного наблюдения в нескольких диапазонах.

Применение многодиапазонных фотоприемных устройств, в которых рабочие спектральные диапазоны принимаются непосредственно одним приемником излучения, позволяет упростить оптическую схему ОЭС, уменьшить их габариты, массу, энергопотребление и увеличить быстродействие. Вместе с такими системами успешно функционируют и многоканальные ОЭС, в которых разделение на отдельные спектральные каналы происходит в оптической системе. В таких ОЭС разделение по спектральным диапазонам осуществляется разветвлением оптической системы для каждого используемого спектрального канала.

В настоящее время существует ряд задач, требующий использования единой оптической системы для одновременной работы в нескольких оптических диапазонах спектра. Тем самым используя материал прозрачный в нескольких диапазонах спектра, можно позволить уменьшить массогабаритные характеристики и упростить юстировку прибора.

Области применения многодиапазонных систем наблюдения

В последние годы одним из перспективных направлений развития оптико-электронных приборов являются беспилотные аппараты (мини-, микро-, нанодроны). Данные устройства стали широко применяться для различных целей: наблюдение, разведка, дистанционное зондирование, навигация и т.д. [1].

Особенности дронов:

- малые массогабаритные характеристики;
- фото- и видеосъемка в реальном времени;
- возможность применения в различной обстановке: на открытом пространстве, в помещениях ограниченного объема и в стесненных пространствах;
- малая видимая и акустическая заметность;
- простота в эксплуатации и обслуживании;
- возможность определения точных географических координат цели посредством наличия навигационной системы;
- безопасность эксплуатации;
- возможность многократной эксплуатации.

Задачи, решаемые при помощи дронов:

- поисково-спасательные операции и наблюдение в интересах военных и гражданских лиц;
- осмотр объекта и его идентификация;
- наблюдение за объектом с относительно близкого расстояния;
- осмотр объектов высокого риска опасности для человека

В зависимости от места назначения, конструкции беспилотных аппаратов различны и для этого разрабатываемые несущие платформы обеспечивают необходимые возможности использования данных устройств.

Далее представлены два известных воздушных широкодиапазонных малогабаритных дрона, использующих в своей конструкции несколько ФПУ для разных оптических диапазонов [2].

FLIR Black Hornet PRS (Black Hornet 3) (рис. 1) – это уже третье поколение самой маленькой в мире испытанной в бою нано-беспилотной авиационной системы, активно используемой в более чем 30 странах мира. Black Hornet позволяет поддерживать ситуационную осведомленность, оперативно выявлять угрозы и вести наблюдение в миссиях любой сложности. Характеристики дрона Black Hornet 3 представлены в таблице 1 [3].

Snipe Nano Quad (рис. 2) – это миниатюрный разведывательный квадрокоптер. Оказавшись в воздухе, Snipe может круглосуточно записывать или передавать видео в высоком разрешении в реальном времени на пульт управления солдата с помощью своих электро- / оптических и инфракрасных камер с низкой освещенностью, которые расположены во встроенном механизме наклона. Характеристики дрона Snipe Nano Quad представлены в таблице 2 [4–6].

В представленных устройствах используются два оптических канала для обеспечения визуализации в необходимых диапазонах.



Рис.1. Общий вид Black Hornet 3



Рис.2. Общий вид Snipe Nano Quad

Таблица 1

Основные характеристики дрона Black Hornet 3

Масса, г	33
Габариты, мм	166×40×55, размах лопастей – 123
Время работы, мин	25
Удаление от пункта управления, км	2
Скорость, км/ч	21
Ветроустойчивость, м/с	7,7–10
Камера визуальная	
Тип	Заменяемая
Видео, пикс	640×480
Фото, пикс	1600×1200
Камера тепловизионная	
Тип	Заменяемая
Видео, пикс	160×120
Фото, пикс	160×120

Таблица 2

Основные характеристики дрона Snipe Nano Quad

Вес, г	140
Габариты	Неизвестно
Время работы, мин	15
Удаление от пункта управления, км	1,5
Скорость, км/ч	36
Высота полета, м	250
Ветроустойчивость, м/с	6,7–9
Камеры	Визуальная, тепловизионная

Разработка оптической системы

Для разработки оптической схемы БПЛА, удовлетворяющей современным тенденциям с грузоподъемностью 120 г [2], было принято решение использовать материалы NaCl и ZnS пропускающие излучение в диапазонах от ультрафиолета до дальнего инфракрасного [7, 8]. Кроме того, были выбраны фотоприемные устройства GLUX9701 BSI диапазон от UV (0,2) до NiR (1,1) мкм, GWIR0202X1A (GAS) диапазон от MWIR (3) до LWIR (14) мкм [9]. Используя расчетные данные и выбранные материалы, в компьютерной программе по расчету оптических систем были смоделированы предварительные системы (рис. 3).

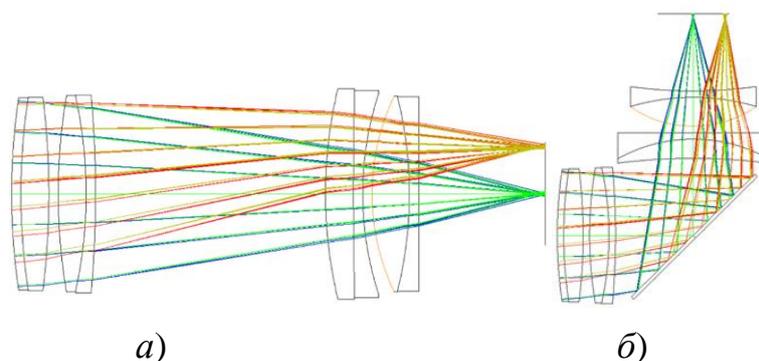


Рис. 3. Оптическая система

а) MWIR – LWIR канал, б) UV – NIR канал

Разработка конструкции видеокамеры

На основе рассчитанной оптической системы в компьютерной программе 3D-моделирования была выполнена конструкция корпуса разрабатываемой видеокамеры (рис. 4).

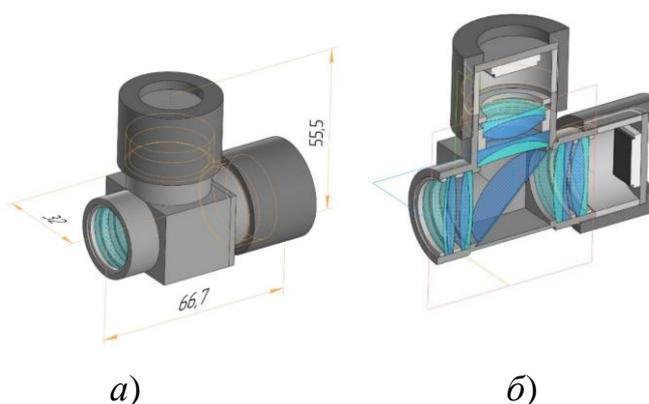


Рис. 4. Конструкция видеокамеры

а) общий вид, б) разрез

Заключение

В ходе работы были проанализированы и рассмотрены широкодиапазонные малогабаритные дроны, а также области их применения. Разработка широкодиапазонной малогабаритной видеокамеры является актуальной задачей в современной оптической промышленности. Предлагается предварительная конструкция устройства камеры, принимающая излучение в диапазоне 0,42 мкм–14 мкм и работающая с двумя приемниками излучения (UV-NIR, MWIR- LWIR). Также данная конструкция удовлетворяет требованиям беспилотных аппаратов по грузоподъемности оптико-электронных модулей не менее 120 грамм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Егоренко, М. П. Многозонная зеркально-линзовая система с зеркалами манжена / М. П. Егоренко. Новосибирск, 2022. – 157 с. – Текст : непосредственный.
2. Topwar.ru : Нано- и микродроны. Не только для специальных сил : URL : <https://topwar.ru/165940-nano-i-mikrodrony-polza-dlya-specialnyh-sil-i-ne-tolko.html/> – Текст : электронный.
3. Dronomania.ru : FLIR Black Hornet PRS: персональная разведывательная система : URL : https://dronomania.ru/professionalnye/flir-black-hornet-prs.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F/ – Текст : электронный.
4. Mykvadrocopter.ru : Snipe Nano Quad новый разведывательный квадрокоптер. : URL : <https://mykvadrocopter.ru/snipe-nano-quad/> – Текст : электронный.
5. Newatlas.com : Snipe Nano Quadrotor could reshape the battlefield : URL : <https://newatlas.com/aerovironment-snipe-nano-quadrotor-uas/49437/> – Текст : электронный.
6. Uav-bpla.com : Квадрокоптеры с тепловизором. Особенности, ТТХ, производители : URL : <https://uav-bpla.com/kvadrokoptery/military/> – Текст : электронный.
7. Alkor.net : Оптические кристаллы для ИК и УФ спектра : URL : <https://alkor.net/alkorru/Materials1.html?yclid=2492381920917716991/> – Текст : электронный.
8. Luminophor.ru : Цинк сульфид : URL : <https://luminophor.ru/catalog/plenko-obrazuyushchie-materialy/khalkogenidy/tsink-sulfid//> – Текст : электронный.
9. Npk-photonica.ru : Сенсоры UV (ультрафиолетового), VIS (видимого) и IR (инфракрасного) диапазонов для применения в промышленных изделиях. : URL : <https://www.npk-photonica.ru/product/sensors/filter/clear/apply/> – Текст : электронный.

© А. Г. Хаустов, М. П. Егоренко, 2024