

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИДКИХ ЛИНЗ В ОБЪЕКТИВАХ ФОТО- И ВИДЕОТЕХНИКИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Алексей Сергеевич Войтов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистрант, тел. (953)858-12-76, e-mail: persis-1996@mail.ru

Игорь Олегович Михайлов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры фотоники и приборостроения, тел. (383)344-29-29, e-mail: mio@sibmail.ru

В статье рассмотрена актуальность использования жидких линз в вариообъективах для фото- и видеотехники беспилотных летательных аппаратов. Отмечены факторы, снижающие эксплуатационные характеристики существующих вариообъективов с механическими системами управления угловым полем оптической системы. Названы перспективы использования жидких линз, как альтернативы механическим системам смены углового поля объектива. Рассматривается возможность разработки вариообъектива-моноблока с улучшенными габаритными и термобарическими характеристиками.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, БПЛА, вариообъектив, жидкие линзы, моноблок, принцип фокусировки.

PROSPECTS FOR THE USE OF LIQUID LENSES OF PHOTO-VIDEO TECHNOLOGY OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

Alexey S. Voytov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, phone: (953)858-12-76, e-mail: persis-1996@mail.ru

Igor O. Mikhailov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (383)344-29-29, e-mail: mio@sibmail.ru

The article considers the relevance of the use of liquid lenses in variable lenses for photo-video equipment unmanned aerial vehicles. The above mentioned factors that reduce the operational performance of existing variable lenses with mechanical systems control the angular field of the optical system. The prospects of using liquid lenses as an alternative to mechanical systems of changing the angular field of the lens are named. The possibility of development of a monoblock of a zoom lens having movable elements with improved mass-dimensional and thermal pressure characteristics.

Key words: unmanned aerial vehicles, UAV, variable lenses, liquid lens, the housing, the focusing mechanism.

Введение. Развитие и значение беспилотных летательных аппаратов

Новой тенденцией в развитии современных технологий военного и гражданского применения является использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) или дронов. Это обусловлено рядом достоинств, в частности, низкой стоимостью использования по сравнению с традиционной пилотируемой авиацией. Максимально экономичным является использование малых БПЛА в течение короткого времени. Для получения визуальной информации с местности, на которой трудно разместить оператора (наблюдателя).

Развитие вычислительной техники и цифровых технологий обработки сигналов позволило существенно повысить, качество, скорость и объемы обработки изображений, обеспечить их передачу на большие расстояния. Техническая реализация осуществляется в виде системы оптических устройств, размещаемых либо непосредственно в корпусе ЛА и жестко связанных с его конструкцией, либо с помощью гиростабилизированных платформ, обеспечивающих поворот оптических осей устройств в любую сторону с заданной скоростью.

В настоящее время сложилась ситуация, когда уровень развития микро-техники позволяет ожидать нового качественного скачка в развитии БПЛА и начала нового этапа развития беспилотных летательных аппаратов – создания летательных микроаппаратов (ЛМА), способных осуществлять воздушную разведку и выполнять ряд других задач, традиционно стоящих перед БПЛА. Для ЛМА критичными являются масса и габаритные характеристики оборудования, устанавливаемого на их борту, в частности для фото- видео аппаратуры [3].

Существующие методы видео- и фотосъемки на беспилотных летательных аппаратах

Традиционный способ аэрофотосъемки территории подразумевает использование крупногабаритных пилотируемых самолетов, оснащенных аэрофотоаппаратом (рис. 1), такой способ предусматривает значительные финансовые затраты и накладывает ряд ограничений по применению из-за больших габаритов летательных аппаратов, которые могут использоваться только при благоприятных условиях [9].

Другой метод подразумевает использование беспилотных летательных аппаратов, которые практически бесперебойно работают в условиях высоких нагрузок, которые человеческий организм попросту не в состоянии выдержать. Особенность БПЛА – это отсутствие человеческого фактора и выполнение задания согласно заложенной в компьютерный комплекс программы. Ошибиться может разве что оператор, управляющий БПЛА – роботы не ошибаются [4].

Аэрофотоаппарат (см. рис. 1) не отвечает современным требованиям автоматизации обработки, передачи фото- и видеoinформации, миниатюризации, помехозащищенности и многим другим требованиям современной техники и технологий.

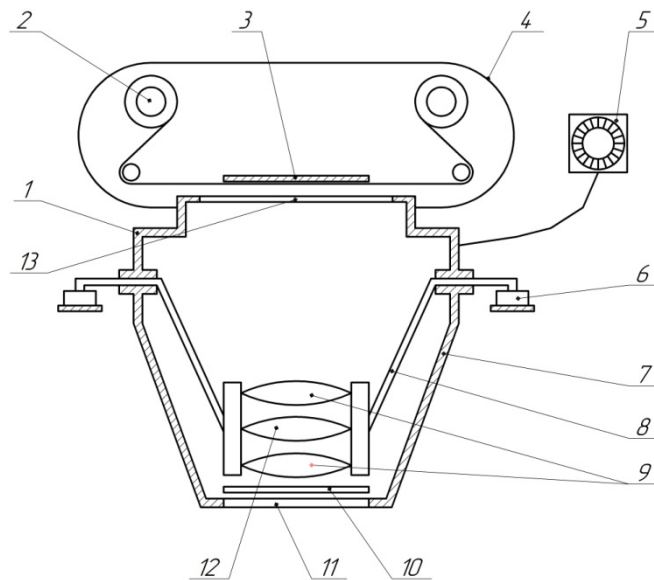


Рис. 1. Схема устройства аэрофотоаппарата:

1 – фотокамера; 2 – катушка; 3 – пружинный стол кассеты; 4 – кассета; 5 – командный прибор; 6 – двигательный механизм; 7 – корпус; 8 – объективный блок; 9 – объектив; 10 – светофильтры; 11 – защитное стекло; 12 – диафрагма и центральный многодисковый затвор; 13 – выравнивающее плоскопараллельное стекло

Использование малогабаритных беспилотных летательных аппаратов имеет много преимуществ и превосходит традиционный метод съемки с самолета в связи с быстротой подготовкой аппаратуры и оперативного запуска БПЛА (отсутствие необходимости в специальных взлетно-посадочных площадках). Более того, возможность летать при минимальной высоте до 200 м позволяет находиться под облаками практически в любое время. Основным преимуществом использования БПЛА, при высоком разрешении оптической системы, является возможность детальной съемки небольших объектов, и малых площадок там, где сделать это другим видам аэрофотосъемки нерентабельно, а в ряде случаев технически невозможно [8].

Для обнаружения объектов, быстро перемещающихся в наблюдаемом пространстве, оптическая система должна иметь большое поле зрения. Для распознавания и детального исследования объекта, находящегося на большом расстоянии от БПЛА, необходимо значительное увеличение оптической системы. Для обеспечения этих требований в настоящее время широко используют вариообъективы (рис. 2), оптическая система которых позволяет плавно изменять увеличение и, соответственно, поля зрения. Из рисунка видно, что системы такого вида имеют подвижные оптические компоненты 4 и 11, установленные в оправы 5 и 10 соответственно, которые приводятся в движение при помощи электропривода. Перемещения 11 и 12 этих компонентов независимые и имеют разные нелинейные законы движения, что значительно усложняет конструкцию объектива и увеличивает его массу [1].

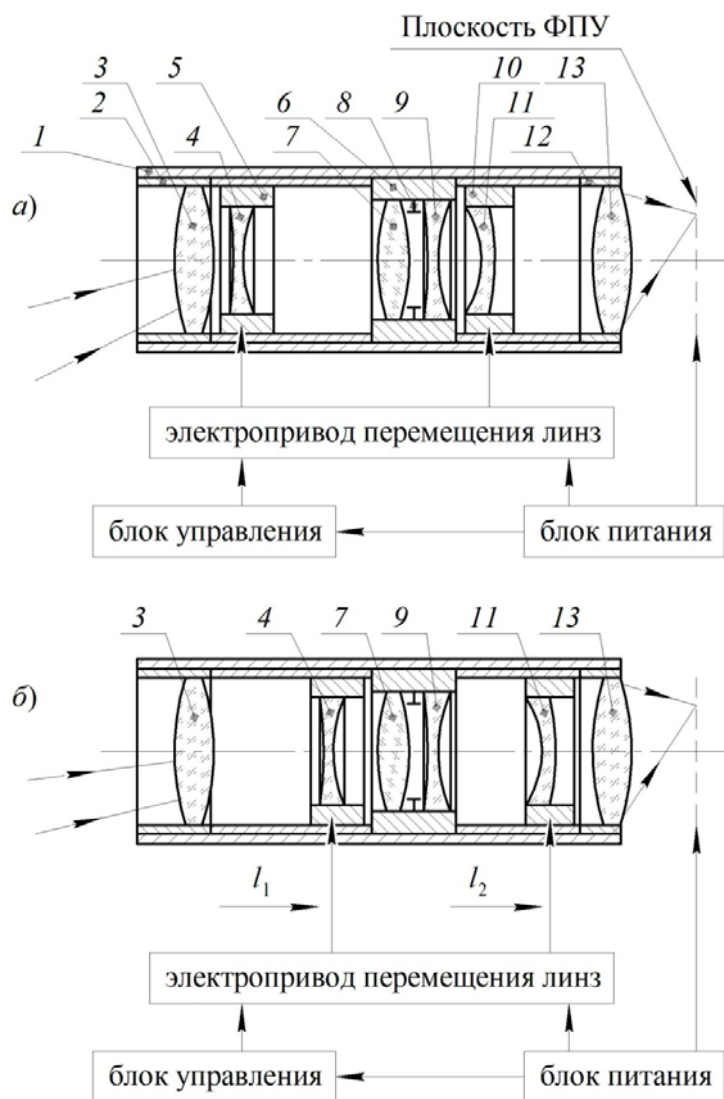


Рис. 2. Принцип работы вариообъектива:

1 – корпус объектива; 2, 6, 12 – оправы оптических элементов; 3, 7, 9, 13 – неподвижные оптические компоненты; 4, 11 – подвижные оптические компоненты; 8 – апертурная диафрагма: а) максимальное угловое поле; б) минимальное угловое поле

Вариообъектив должен удовлетворять основным требованиям:

- плоскость изображений не должна смещаться вдоль оптической оси системы при изменении ее фокусного расстояния и должна совпадать с плоскостью фоточувствительного слоя фотоприемного устройства;
- качество изображения должно удовлетворять требованиям во всем диапазоне изменения фокусного расстояния оптической системы.

Следует отметить, что в обоих способах аэрофотосъемки присутствуют факторы, влияющие на качество работы оптической части прибора. Летательные аппараты предназначены для работы на высоте при больших перепадах температуры и давления воздуха, приводящих к изменению геометрических

параметров линзы и связанных с ними оптических характеристик, в частности фокусного расстояния оптической системы. Одновременно смещается плоскость изображений оптической системы, что может привести к расфокусировке пучка в плоскости фотопленки или фотоприемного устройства [2]. Особо следует отметить механические напряжения из-за разности температурного расширения оптических деталей 3, 4, 7, 9, 11, 13 (рис. 2) и их оправ 2, 5, 6, 12.

Вариообъектив-моноблок аэрофотоаппарата на основе цельного корпуса без подвижных элементов

Для оптимизации массы, габаритных и термобарических характеристик вариообъектива предлагается конструктивное решение с использованием жидких линз, тем самым исключая подвижные элементы конструкции (рис. 3) [5].

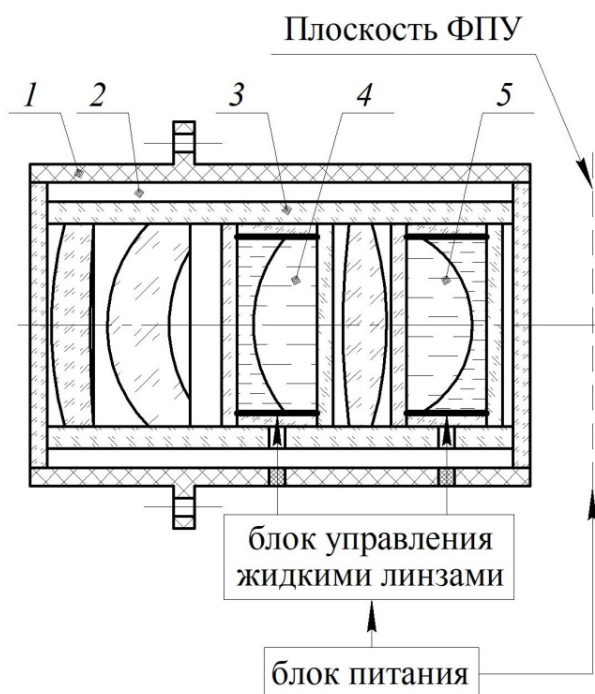


Рис. 3. Конструкция вариообъектива-моноблока на жидких линзах:

1 – полимерный корпус; 2 – вакуумированная полость, 3 – стеклянная оправа линз; 4, 5 – жидкие линзы

Принцип работы объектива заключается в следующем. Все элементы оптической системы закреплены на своем месте и находятся в неподвижном состоянии, сама система представляет собой комбинацию обычных линз с жидкими линзами. При необходимости перефокусировки или изменении углового поля оптической системы, жидкие линзы меняют свои геометрические характеристики (радиусы кривизны поверхностей), приводящие к изменению оптиче-

ских параметров, тем самым строя ход лучей так, чтобы плоскость изображений совпадала с плоскостью фотоприемного устройства прибора.

Предлагаемое конструктивное решение позволяет резко сократить массу и габариты объектива. Объектив-моноблок может быть заполнен газом, например, азотом для исключения запотевания оптики. Для снижения влияния температурных перепадов на оптические элементы объектива в полости 2 (рис. 3) может быть создан вакуум. Такое решение приводит к повышению термобарических характеристик оптической системы [6].

Краткое описание жидких линз, принципы их работы, достоинства, недостатки

Жидкие (или жидкостные) линзы (ЖЛ), в отличие от обычных твердотельных, позволяют при определенных условиях в значительных пределах изменять свое фокусное расстояние. Это уникальное свойство существенно расширяет функциональные возможности оптических систем в реальном времени, что немаловажно для адаптивной оптики. Кроме того, появляется возможность использования одной управляемой ЖЛ вместо нескольких твердотельных.

Принцип работы жидких линз основан на том, что под действием внешних сил вещество, из которого состоит линза, может менять свою толщину и радиус кривизны поверхности, тем самым менять свои оптические параметры. Существуют различные методы управления параметрами жидкой линзы – гидравлический, электростатический, химический и др.

Преимущества жидких линз в значительной степени справедливы для линз малых размеров. Миниатюрные жидкие линзы могут найти применение в различных оптических устройствах, таких как компактные и простые объективы. Например, малый размер микрокамер позволит использовать их в качестве фото- и видеокамер, в сверхминиатюрных (менее 100 мм) беспилотных летательных аппаратах и др. Ключевыми преимуществами жидкой линзы являются ее механическая надежность (нет подвижных частей), быстрое время отклика, хорошее оптическое качество, низкое энергопотребление и малый размер. Жидкостная линза может упростить установку, настройку и обслуживание, устраняя необходимость открывать считыватель и вручную касаться объектива. По сравнению с другими механизмами автофокуса, жидкая линза имеет чрезвычайно быстрое время отклика [10–11].

Существенным ограничением в применении ЖЛ относительно большого диаметра является ориентация в пространстве ее оптической оси. Только если ось жидкой линзы перпендикулярна поверхности Земли, то ее близкая к сферической преломляющая поверхность будет симметрична относительно оси. Во всех остальных случаях гравитация Земли будет нарушать симметрию формы поверхности жидкой линзы и ухудшать качество даваемого ей изображения; наибольшие искажения будут наблюдаться при ориентации оптической оси параллельно поверхности Земли [7].

Перспективы развития устройств на основе жидких линз

На любом беспилотном летательном аппарате присутствуют приборы наблюдения в независимости от размеров и области применения. Учитывая, что масса летательного аппарата влияет на его параметры такие как: высота полета, дальность полета и др., ведутся разработки по усовершенствованию приборов наблюдения. Широкое применение жидких линз является перспективным направлением развития миниатюрных оптических систем, что подтверждает интерес многих современных фирм по изготовлению различных аппаратов как гражданского, так и военного применения с использованием жидких линз, зачастую в качестве основного оптического компонента оптической системы прибора. Разработка принципиальной конструкции объектива-моноблока для беспилотных летательных аппаратов, проводилась методом синтеза на основе применения традиционных и жидких оптических элементов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ефремов В. С., Макарова Д. Г., Шлишевский В. Б. Использование насадной жидкой линзы для изменения переднего отрезка объектива видеокамеры робототехнических устройств // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «СибОптика-2015» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 2. – С. 80–83.
2. Зверев В. А. Замечание к расчету температурного изменения воздушных промежутков в оптической системе // Изв. вузов СССР. Приборостроение. – 1967. – № 9. – С. 96–100.
3. Модели беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс]. – Mode of access: <http://bppla-t.ru/unmanned>, свободный (дата обращения: 15.02.2019).
4. Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [Электронный ресурс]. – Mode of access: <http://www.fly-photo.ru/primenenie-bppla.html> (дата обращения: 17.02.2019).
5. Голицин А. В., Михайлов И. О., Шлишевский В. Б. Конструкция миниатюрного комбинированного объектива-моноблока с жидкими линзами // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «СибОптика-2014» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 1. – С. 76–80.
6. Микеладзе В. Г., Титов В. М. Основные геометрические и аэродинамические характеристики самолетов и ракет: Справочник. – 2-е изд., доп. – М., 1990. – 144 с.
7. Вдовин Г. В., Гуральник И. Р., Котова С. П., Локтев М. Ю., Наумов А. Ф. Жидкокристаллические линзы с переменным фокусным расстоянием. I. Теория // Квантовая электроника. – 1999. – Т. 26: – № 3. – С. 256–260.
8. Ильин В. Б. Автоматическое регулирование АФА-ТЭУ и АФА-ТЭС // Геодезия и картография. – 1970. – № 6. – С. 49–53.
9. Байков Н. С., Трясучкин М. А., Иванов В. А. Самолетовождение при аэрофотосъемке. – М. : Недра, 1973.
10. Зинченко О. Н., Елизаров А. Б. Цифровые камеры для аэрофотосъемки. Обзор моделей (декабрь, 2011) [Электронный ресурс]. – Mode of access: <http://www.racurs.ru/?page=630> (дата обращения: 17.02.2019).
11. Зинченко О. Н. Цифровые камеры для топографической аэрофотосъемки. Обзор моделей (декабрь, 2012) [Электронный ресурс]. – Mode of access: <http://www.racurs.ru/?page=754> (дата обращения: 17.02.2019).

© А. С. Войтов, И. О. Михайлов, 2019