

УДК 535.243.3

АВТОНОМНЫЙ МНОГОКАНАЛЬНЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ СЕНСОР ДЛЯ БПЛА Бручковский И.И., Литвинович Г.С., Попков А.П., Цикман И.М., Домарацкий А.В.

*Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко БГУ
Минск, Республика Беларусь*

Актуальной задачей дистанционного зондирования является измерение коэффициентов спектральной яркости природных объектов, с целью расчета из них значений характеристических индексов для их сопоставления с результатами авиационных и спутниковых измерений.

В частности, интерес представляет задача дистанционного мониторинга состояния здоровья хвойных лесов, так как за последние десятилетия состояние хвойных лесов Беларуси значительно ухудшилось вследствие изменения климатических условий, что привело к распространению вершинного короеда и других заболеваний.

Методика мониторинга состояния хвойных древостоев может включать в себя в том числе лабораторные спектрометрические измерения образцов хвои, откуда возникает задача выполнения корректного сравнения лабораторных данных и данных, полученных при помощи спектрометра на авиационной платформе. Использование фото-спектральных данных, полученных с борта самолета соответствующей аппаратурой, имеет особенность, состоящую в отсутствии априорной информации о характеристиках изучаемого объекта.

Однако, при использовании управляемого беспилотного летательного аппарата (БПЛА) существует возможность избирательного спектрометрирования заранее определенных объектов с известными характеристиками.

Таким образом, цель данной работы состояла в разработке и реализации автономного и облегченного варианта многоканального спектрального сенсора, размещаемого на платформе БПЛА, для задачи регистрации спектров отдельных деревьев с близкого расстояния в надирной геометрии наблюдений и проведение летных измерений.

В данной работе представлен вариант исполнения автономного многоканального спектрального сенсора, который был успешно использован для автоматической регистрации фото-спектральных данных с использованием в качестве БПЛА вертолета UVH-25EL (четырёхтактный бензиновый двигатель, полезная нагрузка 5 кг, дальность полета 350 км, взлетная масса 42 кг).

Автономный многоканальный спектральный сенсор АМСС-1 (рисунок 1) представляет собой совокупность смонтированных на жестком основании сенсоров, для которых осуществлена однозначная привязка по полям зрения, что позволяет поставить в соответствие регистрируемые изображения и данные спектрометра, а также определить угловые параметры каждого сенсора.

В состав АМСС-1 входят: спектрометр ФСП-04 [1] с закрепленным на его корпусе смартфоном для регистрации фотоизображений, а также четырехполосный, спектральный датчик Parrot Sequoia [2] (зеленый 550 мкм, красный 660 мкм, ближний ИК 790 мкм с шириной полосы пропускания 40 мкм и еще один красный канал 735 мкм шириной полосы пропускания 10 мкм) с режимом съемки один раз в секунду.

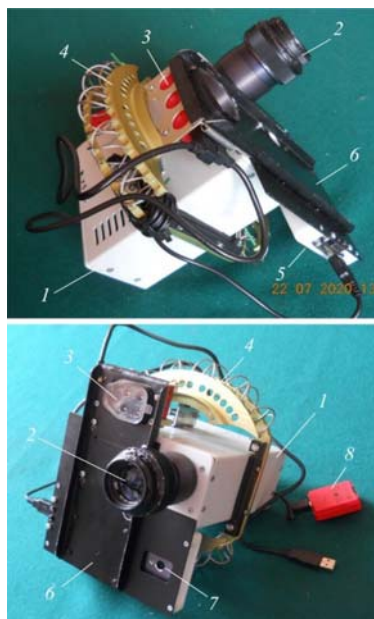


Рисунок 1 – Комплекс аппаратуры для съемки с БПЛА «КА – БПЛА»:

- 1 – ФСП 04; 2 – объектив ФСП-04; 3 – камера Parrot Sequoia; 4 – блок виброразвязки; 5 – смартфон; 6 – кронштейн «КА – БПЛА»; 7 – объектив камеры смартфона; 8 – сенсор освещённости камеры Parrot Sequoia

Синхронизация детекторов АМСС-1 в данном случае не требуется, так как вертолет способен зависнуть над исследуемым деревом на несколько минут, в течение которых существует возможность произвести регистрацию серии спектров яркости отраженного от объекта солнечного излучения, а также зарегистрировать мультиканальное изображение при помощи камеры Parrot Sequoia [2]. Чувствительность детектора Baumer такова, что регистрация изображения занимает десятки микросекунд, таким образом, регистрируемое изображение имеет минимальные значения смаза, обусловленного движением авиационной платформы. Таким образом, все сенсоры работали в режиме автоматической регистрации сигнала.

На рисунке 2 представлен вид АМСС-1, подготовленного для проведения измерений в надириной геометрии наблюдений.



Рисунок 2 – БПЛА UVH-25EL с установленным АМСС-1 перед вылетом



Рисунок 3 – Вид исследуемого объекта, красным отмечено поле зрения спектрометра ФСП-04

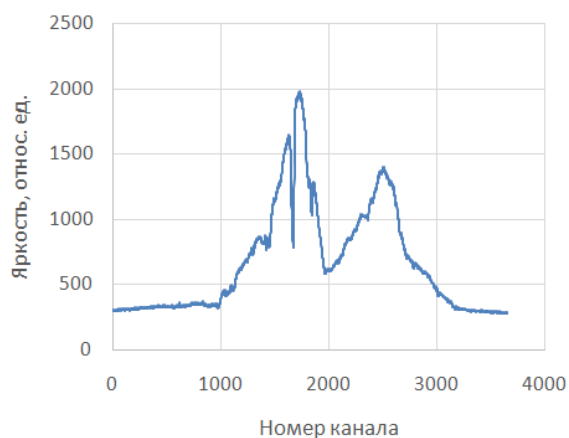


Рисунок 4 – Спектральные данные, получаемые при помощи спектрометра ФСП-04 прибора АМСС-1

За время полета 1 час 50 минут прибором АМСС-1, установленном на платформе БПЛА UVH-25EL, было получено 722 спектра выбранных деревьев в режиме автоэкспозиции и 1508 спектральных снимка в каждом из четырех каналах для сенсора Parrot Sequiola.

На рисунках 3 и 4 представлен пример данных обзорной камеры и соответствующий спектр отражения исследуемого объекта, получаемых при помощи АМСС-1.

Для расчетов коэффициентов спектральной яркости исследуемых объектов синхронно со съемками с вертолета на поверхности земли в статичном положении выполнялись измерения молочного стекла спектрометром ССП-600 [3], входящим в состав установки для измерений эталонных спектров. Режим съемки спектрометра – непрерывный с автоэкспозицией, с периодичностью около трех раз в секунду.

Полученный набор фото-спектральных данных использовался для генерации цветowych карт индексных изображений, посредством которых можно получить высококонтрастные индексные изображения, на которых выделяются классы здоровых насаждений, сухих насаждений, подлеска. Важно отметить, что практическое применение методов обработки мультиспектральных изображений чувствительно к высоте полета авиационной платформы, так, наилучшие результаты для использованного сенсора были получены на небольших высотах – до 50 м.

Литература

1. Катковский Л.В., Беляев Б.И., Сосенко В.А., Абламейко С.В. Аппаратно-программный комплекс «Калибровка» для наземного спектрометрирования подстилающей поверхности и атмосферы // *Материалы 7-го Белорусского космич. конгресса.* – Минск, 2017. – Т. 2. – С. 36–40.
2. Parrot Sequiola [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.parrot.com/en/shop/accessories-spare-parts/other-drones/sequoia>. – Date of access: 08.10.2020.
3. Бручковская С.И., Литвинович Г.С., Бручковский И.И., Катковский Л.В. Алгоритм коррекции дифракции второго порядка в спектрометре с вогнутой дифракционной решеткой // *Журн. приклад. спектроскопии.* – Минск, 2019. – Т. 86, № 4. – С. 620–627.

УДК 535.243.3

МУЛЬТИКАНАЛЬНЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ СЕНСОР МКСС-1 Бручковский И.И., Литвинович Г.С., Силюк О.О., Домарацкий А.В.

*Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» БГУ
Минск, Республика Беларусь*

Для решения задач дистанционного зондирования растительных объектов с использованием авиационной платформы возникает необходимость получения мультиканальных фотографий и коэффициентов спектральной яркости исследу-

емых объектов. В зависимости от применяемой методики восстановления параметров исследуемого растительного объекта зачастую требуется дополнительная информация, для получения которой необходимы новые аппаратные средства.