

УДК 528.854.4

**Методика автоматизированной спектральной и радиометрической калибровки универсального программно-аппаратного комплекса тематической обработки данных авиакосмической дистанционной видеоспектрометрии**

*Б. М. Шурыгин<sup>1,2</sup>, С. В. Кудрявцев<sup>1</sup>, Е. В. Фёдорова<sup>1</sup>, М. М. Шестакова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ЗАО «НПО «Лептон»

<sup>2</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

Одним из ключевых факторов, влияющих на качество базовых продуктов тематической обработки дистанционного зондирования Земли, является качество лабораторной калибровки. Особенно высокие требования предъявляются к гиперспектральным камерам, и обеспечение требуемой точности для них является сложной и комплексной задачей.

Широко используется методика поканальной калибровки камеры, когда каждому каналу (строке ПЗС-матрицы или их комбинации) ставится в соответствие определённая длина волны и ширина по спектральной координате, а всей матрице в целом – коэффициент перевода из единиц АЦП в энергетические единицы в зависимости от используемого времени накопления. Однако накопленный опыт эксплуатации ГСК позволяет с уверенностью сказать, что помимо случайных погрешностей, такая калибровка вносит в данные также квазислучайные, зависящие от процесса изготовления ПЗС-матрицы, стабильные ошибки, и, кроме того, ошибки, связанные с построением оптического тракта (знаменитые keystone и smile-эффекты) [1][2][3].

Попиксельная калибровка камер позволяет устранить указанные недостатки, однако является технологически сложной задачей, сложность которой связана как в формировании входного сигнала для ГСК, так и интерпретации полученных данных [4]. Кроме того, проведение подобной калибровки в ручном режиме – крайне трудоёмкая задача.

Авторами представлена работа, выполненная на базе ЗАО «НПО «Лептон», итогом которой явилось создание калибровочного стенда для гиперспектральных камер, способного проводить измерения в автоматическом режиме по заданию оператора и получать высокоточный результат, содержащий в себе информацию о кривой спектральной чувствительности каждого пикселя матрицы в зависимости от времени

накопления. Основная вновь созданная часть стенда отвечает за спектральную калибровку, вспомогательная, использовавшаяся ранее – за радиометрическую. Во второй измерения производятся на шаре Ульбрихта, однако проверке подлежат кривые квантовой эффективности каждого пикселя в рабочем для него диапазоне времён накопления.

В докладе представлены концепции, лёгшие в основу создания данного стенда, а также результаты, полученные при калибровке ГСК производства «ЗАО «НПО «Лептон» и их сравнение с данными, полученными по применявшейся ранее методике поканальной калибровки.

Результаты получены при финансовой поддержке Минобрнауки России (идентификатор RFMEFI57514X0028).

#### Литература

1. *White, H. Peter [et al]*. From at-sensor observation to at-surface reflectance-calibration steps for Earth observation hyperspectral sensors. // Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004. IGARSS'04. Proceedings. 2004 IEEE International. Vol. 5. IEEE, 2004.
2. *Segl, Karl [et al]*. Simulation of spatial sensor characteristics in the context of the EnMAP hyperspectral mission.// Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on 48.7 (2010): 3046-3054.
3. *Ceamanos, Xavier, and Sylvain Douté*. Spectral smile correction of CRISM/MRO hyperspectral images. // Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on 48.11 (2010): 3951-3959.
4. *Jarecke, Peter J., and Karen E. Yokoyama*. Radiometric calibration transfer chain from primary standards to the end-to-end hyperion sensor. // International Symposium on Optical Science and Technology. International Society for Optics and Photonics, 2000.