

Выводы. Предложенный критерий расширенного фронтального динамического индекса, как количественный показатель распределения давления по подошвенной поверхности стопы, вместе с качественными показателями, полученными при анализе диаграмм динамических кривых более достоверно и полно оценивают параметры стопы и могут успешно использоваться для мониторинга эффективности различных методов лечения плоско-вальгусной деформации стопы.

Литература

1. Цапенко В.В. Методика исследования про-странственных параметров стопы человека / Цапенко В.В., Терещенко Н.Ф. // Интегрированные интеллектуальные робототехнические комплексы (ИИРТК-2018). Одиннадцатая международная научно-практическая конференция 22-23 мая 2018 года, Киев, Украина. – К. : НАУ, 2018. – 334 с. (сборник тезисов). – С. 157–159.
2. Perepelkin A.I. Individual and typological characteristics of the human foot in the age aspect /

A.I. Perepelkin, V.B. Mandrikov, A.I. Krayushkin. – Raleigh, North Carolina, USA : Lulu Press, Inc, 2015. – 140 с.

3. Мармыш А.Г. Особенности распределе-ния подошвенного давления при плоско-вальгусной деформации стопы у детей / А.Г. Мармыш. // Журнал Гродненского государ-ственного медицинского университета. – 2017. – С. 400–404.

4. Терещенко Н.Ф. Исследование электропро-водимости биологических тканей / Н.Ф. Терещенко, В.В. Цапенко, Н.В. Чухраев // Вестник НТУУ «КПИ». Серия приборостроения. – 2017. – Вып. 53 (1). – С. 87–94.

5. Цапенко В.В. Цифровая биометрическая система исследования патологических состояний стопы / В.В. Цапенко, Н.Ф. Терещенко. // Актуальные проблемы автоматизации и приборострое-ния: материалы Международ. научн.-техн. кон-фер., 07-08 декабря 2018 г. Е.И. Сокол (глава оргком.). Харьков : ФОРМ Мезина В., 2017. – 252 с., С. 89–90.

УДК 53.083

МЕТОДИКА ПОЛЕТНЫХ КАЛИБРОВОК КОСМИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОУРОВНЕВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Беляев Ю.В., Цикман И.М., Литвинович Г.С., Бручковский И.И., Попков А.П.

Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета, Минск, Республика Беларусь

В настоящее время на борту Международной космической станции (МКС) находится научная видео и фотоспектральная аппаратура (НА) [1] для проведения сеансов мониторинга земной поверхности. Первичная калибровка такой аппа-ратуры выполнена на комплексе «Каменя» [2] пе-ред отправкой на МКС. Для последующих по-летных калибровок разрабатываются методики с использованием мноуровневых спектрометри-ческих измерений.

Методика калибровки бортовой НА преду-сматривает три уровня квазисинхронных изме-рений оптических отражательных характеристик тестовых участков: наземный, авиационный и космический. Квазисинхронность измерений означает одинаковую геометрии съемки тесто-вых объектов, т. е. при тех же значениях азимута инструмента, зенитного угла инструмента, ази-мута Солнца, зенитного угла Солнца.

Наземные измерения должны обеспечивать коэффициенты спектральной яркости (КСЯ) вы-бранных тестовых объектов, а также полный набор входных параметров оптических характе-ристик атмосферы для проведения процедуры атмосферной коррекции спутниковых данных. Наличие авиационного уровня значительно по-вышает надежность и точность результата атмо-сферной коррекции.

Подготовка «наземного уровня» включает в себя кроме подготовки спектральной аппарату-ры, выбор и описание тестовых объектов спек-трометрирования. Выбор объектов для проведе-ния измерений определяется особенностью траек-тории пролета МКС над территорией Беларуси. Поскольку измерения вблизи надир с борта МКС возможны для южной части Гомельской области, то и объекты выбираются из этой области. Для протяженных запланированных к мноуров-невой съемке калибровочных площадок (тестовых объектов) подробно описывается ландшафтная, геоморфологическая структура, а также процент-ный состав произрастающей на ней растительно-сти и прочие особенности. Определяются точки измерений, количество и расположение которых устанавливается исходя из визуальной оценки степени однородности объекта (чем однороднее объект, тем меньше может быть количество из-мерительных точек). Выбранные точки помеча-ются на местности, нумеруются и определяются их координаты. В отдельных точках проводятся угловые измерения. Минимальный набор угло-вых измерений: измерения в надир ($\theta = 0^\circ$, $\varphi = 0^\circ$), угол съемки бортовой НА и еще три по-ложения спектрометра, например ($\theta = 30^\circ$, $\varphi = 0^\circ$), ($\theta = 30^\circ$, $\varphi = 180^\circ$), ($\theta = 30^\circ$, $\varphi = 90^\circ$), где θ – угол оптической оси относительно нади-

ра, φ – азимутальный угол относительно плоскости солнечного вертикала (рисунок 1) Угловые измерения проводятся не на всех измерительных точках при близости их спектрально-угловых характеристик отражения.

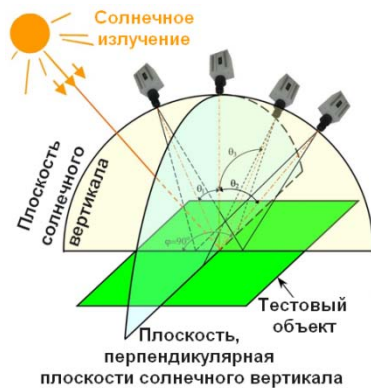


Рисунок 1 – Схема наземных угловых измерений тестового объекта

Подготовка «авиационного уровня» начинается с нанесение тестовых объектов на карту. При подготовке маршрутных данных – конфигураций трасс полета используются имеющиеся в наличии ретроспективные космические снимки, топографические карты и карто-схемы. На них наносятся все планируемые к измерениям тестовые участки в соответствии с географическими координатами, прорисовываются границы облета с использованием векторного представления. Для обследования значительной площади одним самолетом применяется метод «параллельного галсирования».

На люк в полу авиационного носителя монтируется специальный кронштейн, на который и устанавливается спектрометр с видеокамерой (рисунок 2, сверху). Во время полета оператор ориентируется на тестовые объекты по координатам GPS и при пролете над тестовыми точками проводит регистрацию данных.

Подготовка на «космическом уровне» происходит после передачи координат GPS тестовых объектов в группу сопровождения космического эксперимента, которая с использованием циклограммы полета (пространственно-временных параметров орбит космического аппарата) определяет время начала и конца бортовых измерений тестовых участков с указанием последовательности их съемки.

В рамках проводимых работ по разработке методик калибровки бортовой НА были выполнены квазисинхронные измерения СПЭЯ отраженного излучения тестовых объектов в Гомельской области. Измерения выполнялись спектро-радиометрами комплекса «Калибровка» [3] ССП-600Н (наземные) и ФСР (авиационные). Тестовыми участками, служили объекты с достаточно однородными отражательными характеристика-

ми: взлетная полоса аэродрома «Зябровка» и прилегающие к ней поля с травяной растительностью; отвалы фосфогипса Гомельского химического завода по производству удобрений; кольцевая структура из белого кристаллического песка на юго-западе Гомельской области.



Рисунок 2 – Аппаратура на борту авианосителя (сверху) и проведение авиационных измерений

При проведении наземных измерений фиксировались условия окружающей среды, время измерения, углы Солнца и т. п.

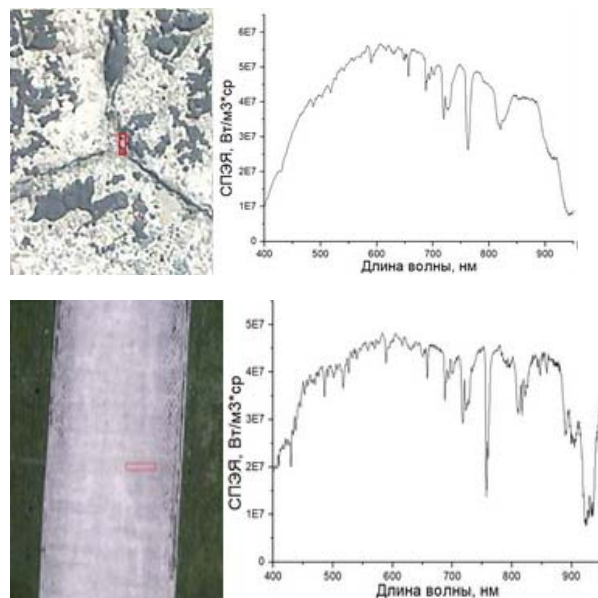


Рисунок 3 – Результаты видео и спектральных наземных (вверху) и авиационных измерений

При измерениях спектрорадиометр устанавливался на треноге на высоте 1,0–1,5 м над поверхностью земли. Для каждого нового положения оптической оси прибора регистрировалось не менее 10 спектров. Регистрация спектра отражения эталонного экрана проводилась непосредственно сразу же после измерения излучения от объекта, что минимизировало возможные изменения условий освещения. Значения КСЯ тестовых объектов получали нормированием значений СПЭЯ тестовой точки на величину СПЭЯ эталонного отражательного экрана.

Авиационные измерения проводились с борта авиационного носителя Авиатика МАИ-830 (рисунок 2) с высот 250 м и 900 м. Результаты авиационных и наземных измерений группировались и сортировались по тестовым точкам, пересчитывались в абсолютные единицы СПЭЯ и КСЯ, проводились усреднения спектров по пространственным измерительным точкам отдельных тестовых калибровочных участков и т. д. Пример предварительно обработанных данных представлен на рисунке 3.

УДК 682.62.018.012

ПРОБЛЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕСТАНДАРТИЗОВАННЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Цитович Б.В.¹, Соколовский С.С.²

¹Белорусский государственный институт повышения квалификации по стандартизации, метрологии и управлению качеством, Минск, Республика Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Среди всех технических устройств средства измерений (далее – СИ) выделяются рядом специфических особенностей, одна из которых состоит в необходимости нормирования их метрологических характеристик. Одна из проблем такого нормирования связана с трактовкой некоторых ключевых понятий, используемых в этой сфере. Для проведения анализа этой проблемы за основу примем определение из РМГ 29-2013 «Рекомендации по межгосударственной стандартизации. ГСИ. Метрология. Основные термины и определения» (который не включен Госстандартом Республики Беларусь в перечень документов, используемых в РБ, но действует в рамках СНГ), а также ГОСТ 8.009-84 «Межгосударственный стандарт. ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений» (анализируемые стандартные определения некоторых понятий выделены в тексте курсивом).

Между этими двумя документами есть некоторые нестыковки, но поскольку оба они являются действующими в СНГ, пользоваться приходится обоими. Кроме того, они дополняют друг друга, в частности, термины «вид выходного кода», «число разрядов выходного кода», «цена

Литература

1. Цикман, И.М. Специализированный метрологический комплекс спектрально-энергетических калибровок систем оптического дистанционного зондирования / И.М. Цикман, Ю.В. Беляев, А.П. Попков // Приборостроение-2012; редкол.: О.К. Гусев [и др.]. – Минск : БНТУ, 2012 г. – С. 234–236.

2. Беляев Б.И., Беляев М.Ю., Сармин Э.Э., Гусев В.Ф., Десинов Л.В., Иванов В.А., Крот Ю.А., Мартинов А.О., Рязанцев В.В., Сошенко В.А. Устройство и летные испытания научной аппаратуры «Видеоспектральная система» на борту российского сегмента МКС // Космическая техника и технологии – 2016, № 2 (13). – С. 12-20.

3. Разработка комплекса наземной спектральной аппаратуры для обеспечения полетных калибровок спутниковых съемочных систем / Б.И. Беляев [и др.] // Шестой Белорусский космический конгресс: Материалы конгресса. В 2 т. (28-30 октября 2014 года, Минск). – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2014. – Т. 1. – С. 234–237.

единицы наименьшего разряда кода», «номинальная ступень квантования», относящиеся к СИ с дискретным выходом, представлены именно в ГОСТ 8.009.

Средство измерений – техническое средство, предназначенное для измерений и имеющее нормированные (установленные) метрологические характеристики. В этом определении, как и в других, упоминаются метрологические характеристики – основные свойства, которыми СИ отличаются от всех остальных технических устройств.

Метрологическая характеристика средства измерений – характеристика одного из свойств средства измерений, влияющая на результат измерений. Определение «неудачное», поскольку говорить о влиянии на результат измерений, например, диапазона измерений СИ не вполне корректно. Как любое техническое устройство СИ имеет ряд технических характеристик, из которых определяющими для этих технических объектов являются метрологические характеристики (далее – МХ). К МХ можно отнести те технические характеристики, которые непосредственно связаны с измерениями (полу-