

Прибор для измерения МОД состоит из излучателя на колонке, приемников (ближнего и дальнего) на колонках, блока электроники.

Принцип действия прибора заключается в том, что из общего пучка света, излучаемого источником света, берется два пучка  $\Phi_0$  (величина опорного светового потока) и  $\Phi$  (величина светового потока, ослабленного слоем атмосферы), причем на пучок света  $\Phi_0$  не влияет изменение коэффициента пропускания слоя атмосферы, а  $\Phi$  проходит через слой реальной атмосферы. Попадая на фотоприемники, световые потоки вызывают пропорциональные этим потокам электрические сигналы, которые сравниваются и обраба-

тываются микропроцессором. После обработки микропроцессор вычисляет величину МОД.

В процессе эксплуатации прибора могут быть использованы измерительные базы длиной 25, 50, 75, 100, 200 м. Диапазон измерения: коэффициента пропускания - от 0,01 до 0,98, МОД - от 16 до 29600 м. Разрешение при измерении прозрачности атмосферы - 0,001, при этом абсолютная погрешность составляет  $\pm 0,01$ .

1. Бочарников Н.В., Брылев Г.Б. Метеорологическое оборудование аэродромов. – Спб., «Ирам», 2003 г. – 592 с.

УДК 681.7

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ РЕГУЛИРОВКИ ЯРКОСТИ ФОТОМЕТРИЧЕСКОЙ СФЕРЫ

Крот Ю.А., Орлов Д.С.

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

В связи с расширением круга задач оптического дистанционного зондирования и необходимостью корректного сопоставления данных различных приборов значительно повышаются требования к точности радиометрических измерений. Основой повышения точности измерений является проведение полной и качественной наземной спектрально-энергетической калибровки систем оптического дистанционного зондирования. В настоящее время в Республике Беларусь существует единственная аккредитованная лаборатория, проводящая такие калибровки. Основой частью оборудования лаборатории является метрологический комплекс «Камелия-М», включающий фотометрическую сферу (для энергетических калибровок), монохроматический излучатель (для калибровки по длинам волн) и компаратор (для сличений источников излучения по яркости) [1]. Комплекс аккредитован как калибровочная лаборатория в Госстандарте Республики Беларусь, регистрационный номер ВУ 112 02.5.0.0012 от 06.06.2005. На нем были проведены спектрально-энергетические калибровки целевой спектральной аппаратуры белорусских космических аппаратов «БелКА», БКА и Российского – «Канопус-В». Комплекс был создан в конце 1988-го года и модернизировался в 2003-2004 гг. Данная стендовая база калибровки спутниковой аппаратуры в спектральном диапазоне отраженного солнечного излучения не всегда удовлетворяет современным требованиям по точности, ширине охватываемого спектрального диапазона и размерам излучающей поверхности эталонных источников излучения [2].

В связи с этим было принято решение о модернизации комплекса «Камелия-М» и создании на его базе специализированного метрологического комплекса спектрально-энергетических калибровок аэрокосмических систем оптического дистанционного зондирования (под шифром «Камея») в рамках работы по подпрограмме «Приборы для науки» государственной научно-технической программы «Эталонные и научные приборы» до 2013 г.

Комплекс «Камея» создается для калибровки аэрокосмических систем ДЗЗ в оптическом диапазоне 0,35-2,5 мкм по длинам волн и единицам спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ), а также для температурной калибровки тепловизионной аппаратуры в диапазоне 7,5-14,0 мкм в единицах градусов Цельсия.

**Технические характеристики специализированного метрологического комплекса «Камея»:**

- Рабочий спектральный диапазон: 0,35÷2,5 мкм (для энергетических калибровок спектрометрической аппаратуры) и 7,5÷14 мкм (для калибровок тепловизионной аппаратуры);

- диапазон значений СПЭЯ, воспроизводимых диффузными излучателями комплекса на длине волны 700 нм:  $1,3 \cdot 10^5 \div 6,2 \cdot 10^8$  [Вт/(м<sup>2</sup>·ср)];

- диапазон температур, воспроизводимых АЧТ: от минус 10 °С до плюс 100 °С;

- размеры диффузных излучателей: диаметр фотометрического шара 150 мм и 600 мм (2 шт.) с диаметром входного зрачка 50 мм и 240 мм соответственно;

- диаметр выходного отверстия модели АЧТ: 70 мм;
- точность калибровки по длинам волн с помощью монохроматического излучателя составляет  $\pm 0,5$  нм;
- суммарная погрешность, приведенная к радиационной шкале, в видимом и ближнем инфракрасном (ИК) диапазоне спектра  $0,35 \div 1,05$  мкм составляет не более 3 % и в среднем ИК-диапазоне  $1,05 \div 2,5$  мкм – не более 7 %;
- погрешность воспроизведения температур АЧТ: не хуже  $\pm 0,5$  °С;
- число градаций по воспроизводимой диффузными излучателями яркости: не менее десяти;
- ориентировочная масса: не более 2000 кг;
- напряжение питания: от сети переменного тока ( $220 \pm 22$ ) В;
- потребляемая мощность: 3000 Вт.

При определении абсолютной спектральной чувствительности калибруемого спектрометра по СПЭЯ измеряются спектры сферы при различных уровнях яркости и для разных времен экспозиции спектрометра. Затем для каждой экспозиции и каждого канала спектрометра осуществляется расчет коэффициентов функции пересчета цифровых отсчетов (АЦП) спектрометра в абсолютные единицы СПЭЯ.

Рассчитанная расширенная неопределенность абсолютных значений СПЭЯ составляет 4 - 7 % в зависимости от спектрального интервала. Блок-схема описываемого комплекса представлена на рисунке 1.

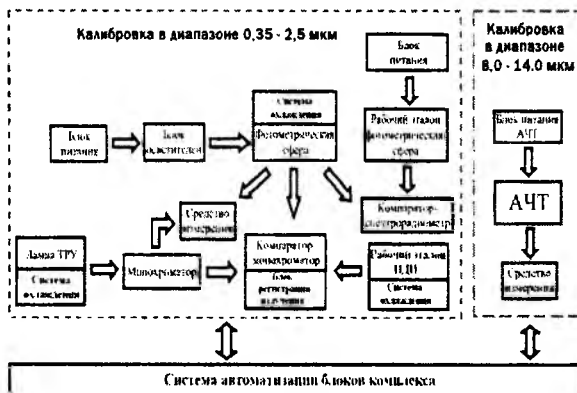


Рисунок 1 – Блок-схема специализированного метрологического комплекса спектрально-энергетических калибровок аэрокосмических систем оптического дистанционного зондирования «Камея»

Дополнительно производится модернизация механических узлов фотометрической сферы, в частности диафрагм, управляющих световым потоком восьми галогеновых ламп, уста-

новленных равномерно по главной окружности сферы комплекса «Камелия-М». Данные диафрагмы выполнены в закрытом корпусе, в котором имеется отверстие для пропускания светового потока лампы. Данное отверстие может закрываться двумя взаимно перекрывающимися пластинами с клиновидными вырезами, образующими отверстие квадратной формы, сечение которого может изменяться при взаимном движении указанных пластин. Привод пластин – винтовой, посредством винта с симметрично нарезанными на нём встречными резьбами, что обеспечивает при его повороте синхронное взаимное противоположенное поступательное перемещение пластин диафрагмы.

При работе с комплексом до настоящего времени оператор вынужден вручную последовательно устанавливать положения диафрагм восьми источников излучения. Для этого он поворачивает специальную рукоятку, смонтированную на корпусе диафрагмы и подсоединённую посредством муфты к винтовой передаче. Одновременно с вращением рукоятки установки положения диафрагмы оператор визуально контролирует её реальное положение с помощью счётчика оборотов, установленного на валу винтовой передачи, через визирное окошко в корпусе счётчика.

Модернизация диафрагм заключается в проектировании, производстве и последующей установке на вал винтового привода диафрагмы заблокированных в одном корпусе понижающего редуктора и шагового двигателя, разработке и сборке контроллера шаговых двигателей, а также написании специализированного программного обеспечения ЭВМ оператора, необходимого для управления указанным контроллером.

После модернизации установка положений диафрагм комплекса «Камея» будет производиться автоматически. Оператору необходимо лишь задать необходимые значения положений в консоли оператора, роль которой выполняет специализированное программное обеспечение, разработанное в рамках программы модернизации. После установки диафрагм в заданное положение от оператора требуется проконтролировать реальное положение диафрагм по установленным в корпусах редукторов счётчикам.

Управляющая логика контроллера шаговых двигателей основана на микроконтроллере семейства xMega AVR, что позволяет проводить гибкую настройку режимов работы шаговых двигателей и оставляет возможность дальнейшей модификации комплекса, например есть возможность ввести плавный разгон двигателей с целью уменьшения времени шага с 4мс до меньших значений, теоритически возможно достичь периода шага приблизительно равного одной миллисекунде.

