

- танционного зондирования Земли, оснащенных экспонетрическими устройствами с локальным управлением экспозиции / Збірник тез доповідей XI міжнародної науково-практичної конференції. – «Людина і космос», Дніпропетровськ, 2009. – 2009. - С. 491.
- 1.Петрук А.И. Об оптимальном экспонировании аэрофильмов. – В кн. Оборудование летательных аппаратов. – К.: КВАИУ. – 1990.- Вып. 4, 5. – С.142-145.
 - 2.Подольян А.П., Пудрий С.В. О влиянии процесса сжатия динамического диапазона яркости аэроландшафта на эффективность аэрофотосъемки. - В кн.: Некоторые вопросы получения и обработки данных воздушной разведки. – КИВВС, 1993. – С. 15-17.
 - 3.Травин В.Г., Кадыков А.Б. Особенности градационного маскирования с применением фотохромного материала при фотопечати // Журн. науч. и приклад. фотогр. кинематогр. –1987. – №1. – С. 7-10.
 - 4.Подольян А.П., Пудрий С.В., Румянцев А.Н. О влиянии локального управления экспозицией методом двойного экспонирования на эффективность воздушного фотографирования. - В кн. Прикладные вопросы аэрокосмического мониторинга. Вып. 1. МОУ. Аэрокосмическая академия Украины. - КИВВС, 1997. - С. 101-107.
 - 5.Колобродов В.Г., Півторак Д.О. Комбінований спосіб реєстрації зображення об'єкта із широким динамічним діапазоном яскравостей // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2009. – № 4. – С. 97-101.
 - 6.Патент України № 87415, МПК G03 7/08. Спосіб фотозйомки й пристрій для його здійснення / Колобродов В.Г., Півторак Д.О., Пудрій С.В., Ребрин Ю.К. Заявка №а200805221. Заявл. 22.04.2008. Опубл. 10.07.2009, Бюл. №13.

Колобродов В.Г., Півторак Д.О. **Порівняння ефективності систем з локальним управлінням експозиції**

Отримано вираз, що описує взаємозв'язок між коефіцієнтом маскуванню й коефіцієнтом стиску експозиції, що дозволяє проводити кількісне порівняння ефективності систем з локальним управлінням експозиції, що використовують різні методи просторової фільтрації зображення.

Ключові слова: локальне управління експозиції

Kolobrodov V.G., Pivtorak D.O. **The efficiency of systems with local control of exposure**

An expression that describes the relationship between the ratio of masking and exposure compression ratio, that allows to carry out a quantitative comparison of the effectiveness of systems with local control of exposure, using different methods of spatial filtration of the image had been composed.

Keywords: local control of exposure

*Надійшла до редакції
5 березня 2010 року*

УДК 528.7:629.78

КОСВЕННЫЕ МЕТОДЫ РАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ КАЛИБРОВКИ ДИФФУЗНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ

*Михеенко Л.А., Генцицкий А.И., Национальный технический университет Украины
"Киевский политехнический институт", г. Киев, Украина*

Рассмотрены методы прямой и косвенной калибровки эталонных излучательных установок для измерения энергетических характеристик прецизионных ЦВС. Представлена инженерная методика расчета СПЕЯ выходной апертуры излучателя и анализ основных погрешностей косвенной калибровки

Ключевые слова: методы калибровки, излучатели

Введение. Постановка задачи

Измерение энергетических характеристик прецизионных цифровых видеосистем (ЦВС) во многом определяет их эксплуатационные возможности и явля-

ється решаючим фактором их дальнейшего совершенствования. Разработкой соответствующих измерительных установок занимаются все ведущие разработчики ЦВС [1, 2]. Начаты такие работы и на Украине, в частности для предполетной аттестации отечественных ЦВС космического базирования [3]. Однако при этом возникают проблемы, связанные с калибровкой эталонных излучателей измерительных установок. Отметим, что эта задача, одна из наиболее сложных в современной радиометрии, применительно к Украине дополнительно усложняется несовершенством существующей в нашей стране оптической эталонной базы, отсутствием государственных поверочных схем передачи большинства единиц энергетических величин, физическим и моральным износом образцовых оптических средств измерений различного ранга и рядом других факторов.

Целью настоящей работы является разработка методов калибровки эталонных излучателей установок для измерения энергетических характеристик отечественных прецизионных ЦВС космического базирования на основе имеющейся и доступной на Украине эталонной и элементной базы.

Прямой метод калибровки

Обычно при абсолютизации измерений и калибровке аттестационных установок используется передача единицы спектральной плотности энергетической яркости (СПЕЯ) от эталона к рабочим излучателям [3, 4]. В качестве эталонов СПЕЯ используются модели черных тел (МЧТ) и ленточные лампы, а рабочих излучателей – диффузные излучатели на основе интегрирующих сфер, обеспечивающих равномерную облученность заданного уровня входную апертуру аттестуемой ЦВС [5, 6]. При этом участок излучающей площадки эталонного и рабочего излучателей последовательно проецируются сопрягающим объективом (обычно зеркальным) на спектрокомпаратор [5]. Спектрокомпаратор, в свою очередь, состоит из монохроматора, измерительного приемника излучения и усилительно-регистрирующего устройства (рис. 1). Таким образом, в процессе калибровки рабочего излучателя происходит сравнение яркости его апертуры с яркостью эталона в узком спектральном диапазоне $\Delta\lambda$, определяемой шириной входной щели и линейной дисперсией монохроматора. Сканирование по рабочему спектральному диапазону излучателя осуществляется перестройкой рабочей длины волны монохроматора.

Преимуществом такого метода является высокая точность передачи единицы СПЕЯ, недостатками – необходимость точного позиционирования всех элементов измерительного тракта друг относительно друга и использование дефицитных и дорогих МЧТ и ленточных ламп, которые в Украине не производятся, а парк имеющихся постоянно сокращается.

Косвенные методы калибровки

Высокие фотометрические характеристики диффузных излучателей и особенно диффузных излучателей переменной яркости, предложенные в [6, 7], позволяют проводить абсолютизацию измерений косвенными методами, с использованием радиометров. Эти методы, хотя и дают меньшую точность, но обеспечивают возможность использования имеющегося на Украине метрологического оборудования без обращения к дорогостоящим зарубежным эталонам

яркости и СПЕЯ. Косвенные методы калибровки рабочих излучателей можно использовать и как вспомогательные, обеспечивающие лучшую воспроизводимость результатов в течение длительного времени.

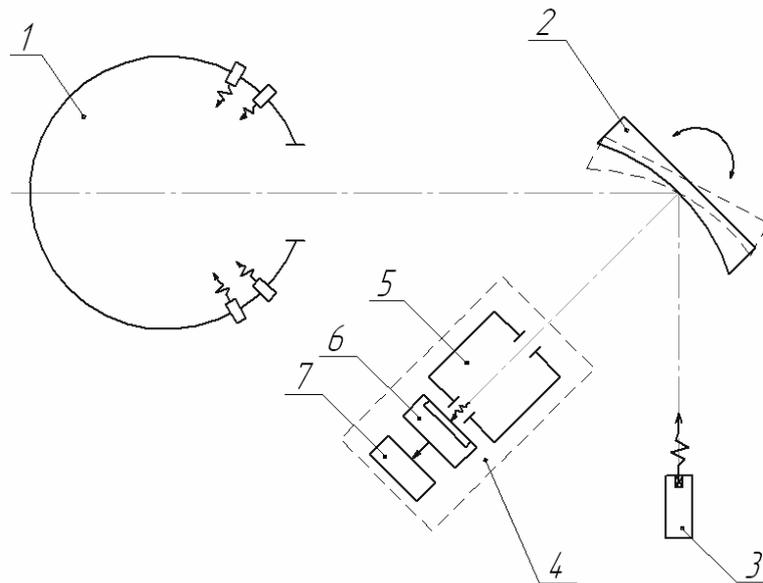


Рис.1. Схема прямой калибровки, где: 1 – диффузный излучатель; 2 – сопрягающий объектив; 3 – эталонный излучатель; 4 – спектрокомпаратор (5 – монохроматор; 6 – приемник излучения; 7 – регистрирующее устройство)

Возможны три следующих направления использования косвенных методов:

- калибровка по интегральной яркости с последующим пересчетом СПЕЯ по измеренным спектральным характеристикам излучателя;
- калибровка по эталону светового потока с компарированием освещенности выходной апертуры;
- калибровка по измеренной освещенности выходной апертуры с последующим расчетом СПЕЯ по известным геометрическим и спектральным характеристикам диффузного излучателя.

Во всех случаях могут использоваться прецизионные отечественные радиометры „Кварц 01”, „Кварц 02”, „ТЭС 0693”, „РАТ-2п” (таблица) [8].

Диффузные излучатели и особенно диффузные излучатели переменной яркости на основе сопряженных интегрирующих сфер имеют очень высокую однородность яркостного поля на выходной апертуре и фотометрическое тело, близкое к ламбертовскому излучателю [6, 7]. Поэтому точность позиционирования радиометров относительно излучателей принципиального значения не имеет. Естественно, что отпадает необходимость использования сопрягающего объектива, а высокая линейность градуированных характеристик перечисленных радиометров позволяет производить калибровки в большом диапазоне воспроизводимых яркостей и СПЕЯ.

Наибольшую точность, которая определяется, в основном, точностью яркометра, обеспечивает первый метод. Измерение интегральной яркости при этом производится при установке яркомера непосредственно в выходной апертуре диффузного излучателя (рис. 2), а его относительная спектральная характеристика измеряется обычным способом (рис. 3). Величина СПЕЯ определяется

расчетом. Основным недостатком и источником основной погрешности является относительно узкий спектральный диапазон яркомера. Этот метод также может быть использован для прямой калибровки излучателя по интегральной яркости в малом диапазоне длин волн.

Таблица - Отечественные радиометры

Тип прибора	Измеряемая величина	Диапазон измерений	Спектральный диапазон, мкм	Основная относительная погрешность, %
Кварц 01	Освещенность	$10^{-3} \dots 10^{-5}$ Лк	0,25...1,05	5
	Мощность	$2 \cdot 10^{-3} \dots 3 \cdot 10^3$ мкВт	0,25...1,05	7
Кварц 02	Освещенность	$10^{-1} \dots 10^5$ Лк	0,38...0,78	5...7
ТЭС 0693* (цифровой)	Освещенность	$10^{-1} \dots 10^5$ Лк	0,38...0,78	5
	Яркость	$10 \dots 2 \cdot 10^5$ Кд/м ²	0,38...0,78	7
РАТ – 2п	Энергетическая освещенность	$10 \dots 2 \cdot 10^4$ Вт/м ²	0,2...2,5	6

* По специальному заказу диапазон измерений может быть расширен и введена функция измерения энергетической освещенности.

Во втором методе, внутри диффузного излучателя устанавливается светоизмерительная лампа типа СИП, а в качестве компаратора освещенности выходной апертуры используется люксметр (рис. 2). Таким образом, непосредственно калибруются по потоку источники излучения диффузного излучателя, а величина СПЕЯ может быть определена расчетом по геометрическим параметрам интегрирующей сферы и измеренной относительной спектральной характеристике.

Интегрирующая сфера в этом методе играет роль фотометрического шара. Очевидно, что в связи со сложностью учета абсолютных геометрических и фотометрических характеристик интегрирующих сфер, точность калибровки по СПЕЯ будет существенно ниже.

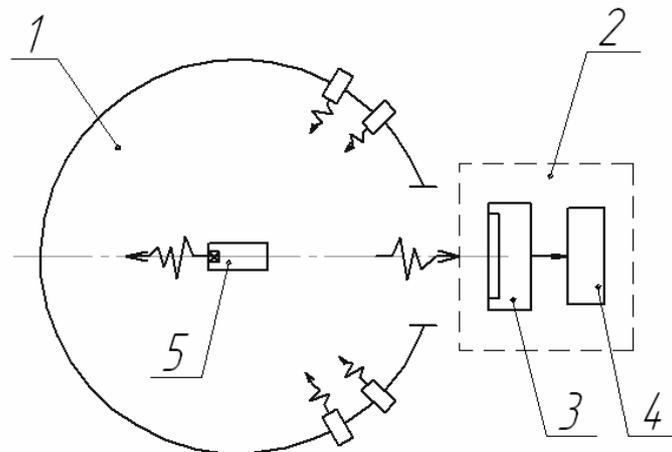


Рис. 2. Схема косвенной калибровки, где: 1 – диффузный излучатель; 2 – радиометр (3 – приемник излучения; 4 – регистрирующее устройство); 5 – эталон светового потока

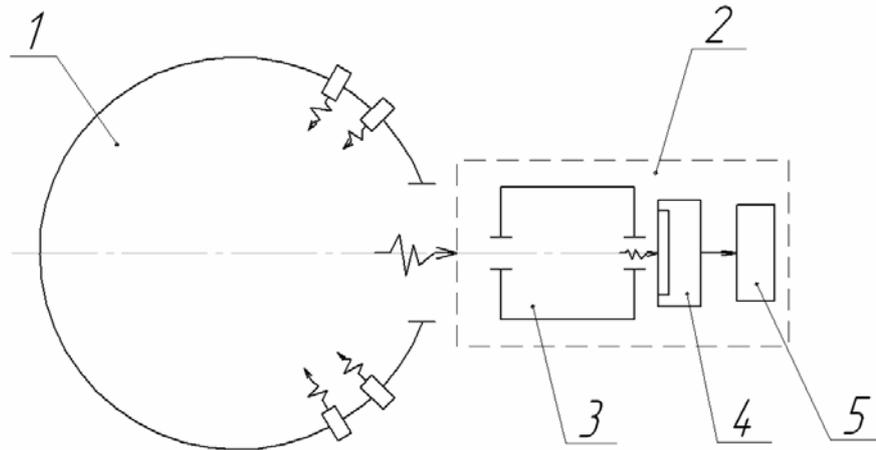


Рис. 3. Схема измерения относительной спектральной характеристики, где: 1 – диффузный излучатель; 2 – монохроматический приемник (3 – монохроматор; 4 – неселективный приемник излучения; 5 – регистрирующее устройство)

Тем не менее, этот метод является удобным для контроля стабильности внутреннего покрытия сферы и режима работы первичных источников излучения. К достоинствам данного метода следует отнести доступность и распространенность эталонов светового потока – лампы типа СИП, также не критичность метода к выбору компаратора, в качестве которого можно использовать любой из указанных в таблице радиометров.

Еще меньшую точность обеспечивает третий метод, который является в основном расчетным и может использоваться только для грубой оценки фотометрических параметров диффузного излучателя.

Инженерная методика расчета СПЕЯ выходной апертуры излучателя

Исходными данными для расчета СПЕЯ являются измеренное значение интегральной яркости выходной апертуры L_B и её относительная (нормированная) спектральная характеристика $\dot{L}_B(\lambda)$. Учитывая, что яркомер ТЭС 0693 в большинстве случаев (см. таблицу) градуируется в световых величинах, процедура расчета СПЕЯ будет следующей:

- необходимо определить максимальное значение яркости излучения L_M , для этого можно воспользоваться одним из следующих соотношений:

$$L_M = \frac{L_B}{0.75 \cdot 683 \int_{0.4}^{\infty} \dot{V}(\lambda) \cdot \dot{L}_B(\lambda) d\lambda} \quad (1)$$

где $\dot{V}(\lambda)$ - относительная спектральная чувствительность глаза;

- необходимо найти абсолютное значение яркости:

$$L_\lambda = L_M \cdot \dot{L}_\lambda \quad (2)$$

Основными погрешностями косвенной калибровки являются:

- погрешность измерения интегральной яркости яркомером σ_u (относитель-

ная погрешность яркомера ТЭС 0693 составляет 5%);

- погрешность измерения относительной спектральной характеристики σ_o (при использовании монохроматора типа МДР-204 и измерительного термоприемника РТН-12 эта погрешность менее 3% [5]);

- погрешность дискретизации относительной спектральной характеристики при расчете - σ_o (при разбиении измеряемого интервала на 20...25 участков, эта погрешность менее 0,5%);

- погрешность экстраполяции значения СПЕЯ в средней и ближней ИК области спектра σ_s (менее 1%).

Тогда, с учетом статистической независимости рассмотренных погрешностей, случайная суммарная погрешность определения СПЕЯ в соответствии с [9] может быть рассчитана как:

$$\sigma = K_{\beta} \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2} \quad (3)$$

где K_{β} - коэффициент, учитывающий величину доверительной вероятности ($K_{\beta} = 1,1$ при $\beta = 0,95$); σ_i - составляющие ошибок.

В итоге получаем:

$$\sigma = 1,1 \sqrt{0,05^2 + 0,03^2 + 0,005^2 + 0,01^2} = 0,065 \approx 6,5\%$$

что вполне достаточно для калибровки большинства рассматриваемых ЦВС.

Выводы

1. Предложены косвенные методы калибровки градуировочных излучателей для измерения энергетических характеристик прецизионных ЦВС, основанные на использовании доступной в Украине элементной и эталонной базы.
2. Показана возможность достижения точности калибровки на уровне 6-8% при значительном упрощении измерительных схем и снижению требований к юстировке.
3. Разработаны рекомендации по методам расчета и выбору основных элементов калибровочных установок.

Полученные результаты представляют интерес для специалистов в области оптической радиометрии и метрологии, в особенности – разработчикам аппаратуры для измерения энергетических характеристик прецизионных ЦВС.

Дальнейшие исследования будут направлены на повышение точности и упрощение процедуры калибровки.

Литература

1. Горелов В.А., Лукашевич Е.Л., Стрельцов В.А. Состояние и тенденции развития космических средств дистанционного зондирования высокого разрешения // ГИС-ассоциация. Информационный бюллетень. - 2000. - №1(38)-2(39). - С. 6-10, 44-45.
2. Hand W.G. A practical guide to digital microscopy // Photonics SpeLro. - 2001. – №11. – P. 100-104.
3. Вариченко Л.В., Колобродов В.Г., Ладыка Я.Е., Микитенко В.И., Михеенко Л.А. Методы и средства измерения энергетических характеристик оптико-электронных систем космического зондирования Земли // Космічна наука і технологія. – 2006. – №2/3. – Том 12. – С. 59-69.
4. Киселев И.А., Коростелев А.Н., Караева М.К. и др. Контроль энергетических характеристик многозональных сканирующих устройств ИСЗ „Ресурс-01” // Исследование Земли из космоса. – 1991. – №2. – С. 34-43.

5. Міхеєнко Л.А., Микитенко В.І. Методи, засоби та метрологічне забезпечення калібрування еталонних випромінювачів // Наукові вісті НТУУ „КПІ”. – 2008. – №6. – С. 94-99.
6. Міхеєнко Л.А., Боровицкий В.Н. Излучатель переменной яркости на основе сопряженных интегрирующих сфер // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2006. – №6(66). – С. 61-64.
7. Міхеєнко Л.А., Шишкін В.А. Дифузний випромінювач змінної яскравості для калібрування прецизійних цифрових відеосистем // Наукові вісті НТУУ „КПІ”. – 2009. – №1. – С. 114-120.
8. Столяревская Р.И. Методы исследования метрологических характеристик. Приборы для измерения световых величин // Светотехника. – 1988. – №6. – С. 21-26.
9. ГОСТ 8.207-76. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений.

<p>Міхеєнко Л.А., Генсіцький А.І. Непрямі методи радіометричного калібрування дифузних випромінювачів</p> <p>Розглянуті методи прямого та непрямого калібрування еталонних випромінювальних установок для виміру енергетичних характеристик прецизійних ЦВС. Представлена інженерна методика розрахунку СГЕЯ вихідної апертури випромінювача і аналіз основних погрішностей непрямого калібрування.</p> <p>Ключові слова: методи калібрування, випромінювачі</p>	<p>Mikheenko L.A., Gensitskiy A.I. Indirect methods of radiometric calibration diffuse of radiators</p> <p>Methods of direct and indirect calibration of reference radiating installations for measurement of power characteristics precision DVS are considered. Engineering design procedure SDPB of the target aperture of a radiator and the analysis of the basic errors of indirect calibration is submitted.</p> <p>Keywords: methods of calibration, radiators</p>
--	--

*Надійшло до редакції
20 березня 2010 року*

УДК 681.3.07 : 681.784

ВИДІЛЕННЯ КРАЙОВИХ ТОЧОК ЗІНИЦІ НА ІРИДОДІАГНОСТИЧНОМУ ЗОБРАЖЕННІ ОКА

Можарська К.В., Сокурєнко В.М., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Запропоновано спеціалізований алгоритм виділення крайових точок на іридодіагностичних зображеннях ока. Його переваги та ефективність підтверджені результатами чисельного моделювання

Ключові слова: іридодіагностичне зображення, алгоритм

Вступ. Постановка проблеми

Іридодіагностика, яка базується на оцінці адаптаційно-трофічних змін райдужної оболонки ока, грає важливу роль для виявлення придбаних і спадкових захворювань людини. Для комп'ютерної іридодіагностики характерні оперативність одержання результату, простота й нешкідливість дослідження, висока інформативність, комфортність для пацієнта та лікаря, раннє виявлення багатьох патологічних зсувів.

Зазвичай автоматизація процесу іридодіагностики полягає в комп'ютерному аналізі зображення ока, при якому одним з основних завдань є виділення зіниці ока. Ця задача є актуальною як при класичній іридодіагностиці (коли ми повинні виділити на зображенні райдужну оболонку та окремо її сектори), так й