

Секция 4. ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ, ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 535.015, 535.422

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ОЦЕНКИ
КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ****Кожевников Д.А., Фёдорцев Р.В., Старосотников Н.О.***Белорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь*

В процессе производства всех высокоточных приборов одним из важнейших этапов является оценка конечной точности его работы или проводимых прибором измерений. Из этого следует необходимость подготовки научно-технической базы для разработки оборудования оценки качества производимой продукции. В сфере высокоточного оптического приборостроения эта задача особенно актуальна и проектирование контрольно-юстировочных приборов занимает особое место во всем процессе изготовления изделий. Оптические системы исправляются на различные виды ошибок: хроматические и сферические aberrации, кому, астигматизм, дисторсию. Однако дисторсия является основной aberrацией, которая влияет на качество изображения при работе фотографических систем, предназначенных для фотограмметрических измерений.

Существует множество методов геометрической калибровки таких систем [1], к одним из самых эффективных можно отнести калибровку на основе электронного тест-объекта (рис.1). Сущность метода заключается в автоматическом попиксельном сравнении цифровых изображений тест-объекта и регистрирующей системы. Метод призван повысить качество проводимых измерений за счёт исключения ошибок оператора, путём точечного математического расчёта коэффициентов учитывающих все искажения оптической системы и стенда непосредственно в рабочем алгоритме. Также данный метод предусматривает наличие проработанного интерфейса программного обеспечения (ПО), позволяющего повысить наглядность и доступность различных функций проведения измерений (динамические тесты, оценка разрешающей способности и др.), выполнение которых на разрабатываемом стенде возможно на теоретическом уровне.

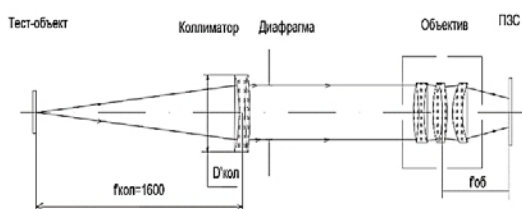


Рисунок 1 – Оптическая схема экспериментального стенда

Исходя из всего вышесказанного следует справедливость жестких требований к элементам разрабатываемого стенда, которые можно

разделить на следующие типы: оптические, электронные, оптико-электронные, механические. На этом этапе следует указать на различия при разработке экспериментального и рабочего стенда. В создании экспериментального образца не представляется возможным использование специально разработанных деталей и узлов, дорогостоящих покупных комплектующих. В связи с этим собственная точность и точность позиционирования элементов экспериментального стенда априори ниже тех же параметров стенда рабочего.

В качестве электронного тест-объекта используется IPS матрица (рис.2), параметры которой представлены в таблице 1. Допущением является форма субпикселей – в идеальном случае форма должна быть подобна квадрату или окружности, но последняя снижает эффективность расположения субпикселей по площади и уменьшает их плотность.

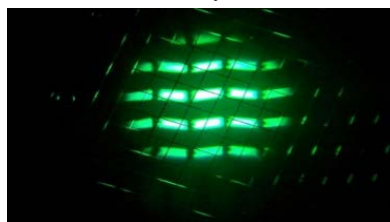


Рисунок 2 – Субпиксели IPS матрицы тест-объекта (зелёный цвет обусловлен лучшим восприятием человеческим глазом при проведении измерений)

Таблица 1. Параметры используемых матриц

Матрица	IPS	APS-C CMOS
Диагональ активной площадки, мм	178	26,81
Разрешение, пикс	1920×1080	5184×3456
Размер активных элементов, мкм	70×24	4.3×4.3
Чувствительность (яркость)	20..340 кд/м ²	100..6400 ISO
Тип фильтра	RGB	RGBG
Динамический диапазон	8.5 evs	11,5 evs

Согласно функции Эйри мера разрешения идеальной оптической системы определяется как

$$\psi = 1,22 \cdot \frac{\lambda}{D},$$

где ψ – угловой предел разрешения, секунды; λ – длина волны, мкм; D – диаметр входного зрачка, мм.

Из чего следует рациональность создания электронного тест-объекта с элементами соответствующими коротковолновой области спектра для систем, рабочий спектральный диапазон которых включает эту область. Так как системы,

поверку которых планируется выполнять на разрабатываемом стенде, работают в мультиспектральном и панхроматических режимах, то для частных случаев может требоваться задание элементов тест-объекта разных участков спектра (видимый, инфракрасный диапазоны).

Для системы регистрации было решено использовать любительский фотоаппарат «CANON EOS 60D» с рабочим сенсором APS-C CMOS, характеристики которого представлены в таблице 1 [2], и фотообъективы «CANON EF-S 17-85 f/4-5.6 IS USM» [3] и «CANON EF-S 18-55 f/3.5-5.6 IS II» [4] в качестве тестируемых систем.

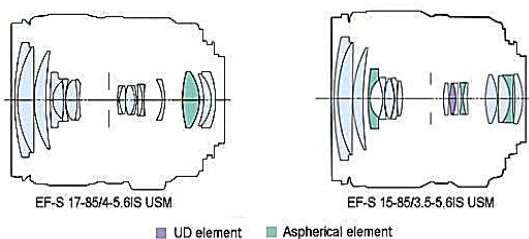


Рисунок 3 – Оптические системы фотообъективов: CANON EF-S 17-85 f/4-5.6 IS USM и CANON EF-S 18-55 f/3.5-5.6 IS II

Выбор данной системы обусловлен следующими положениями:

1. Невозможность использования промышленных образцов высокоточных ОЭП.
2. Необходимость минимизирования погрешностей ориентации тестируемой оптической системы и приемного сенсора с возможностью замены тестируемых ОС при сохранении допусков отклонений.

3. Возможность получения изображений без автоматического редактирования и цветокоррекции (формат RAW).

4. Светосильная и точная оптика (относительно любительского сегмента рынка).

Использование двух объективов обусловлено возможностью относительной оценки чувствительности разрабатываемого метода – объективы со схожими параметрами одного производителя, при этом один из них (CANON EF-S 17-85 f/4-5.6 IS USM) позиционируется как усовершенствованный – производитель заявляет о снижении влияния дисторсии за счёт использования асферических элементов в оптической схеме (рис.3).

УДК 535.24

РЕФЕРЕНСНЫЕ СВЕТОДИОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ОПТИЧЕСКОЙ РАДИОМЕТРИИ

Данильчик А.В., Длугунович В.А., Ждановский В.А., Крейдич А.В., Луценко Е.В., Никоненко С.В.

*Институт физики НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь*

Система обеспечения единства измерений оптической радиометрии в Беларуси и странах СНГ в настоящее время базируется в основном на введенных в 2015 г. стандартах ГОСТ 8.023-2014,

В ходе юстировки экспериментального и рабочего стендов также необходимо предусмотреть метод компенсации непараллельности тестируемого ОЭП и тест-объекта. Из источника [5] видны высокая эффективность использования автоколлимационного метода оценки и компенсации децентрировки, а также соблюдения изопланатизма. В условиях экспериментального стенда (относительно низкой точности) возможно использование автоколлимационного метода контроля с поверочным зеркалом, прикладываемым к объективу регистрирующей системы. В дальнейшем метод требует доработки принципов взаимного позиционирования элементов, одним из возможных решений может являться использование координатных MEMS датчиков, позволяющих выставлять параллельность плоскостей приёмной матрицы и тест-объекта с высокой точностью, центрирование системы – производить с помощью функции в ПО, суть которой заключается в сопоставлении центральных пикселей приемной матрицы с центральным элементом тест-объекта.

Таким образом, был проведен подбор компонентов экспериментального стенда, предложены методы контроля соответствия отклонений взаимной ориентации узлов, высказана направленность дальнейшей работы.

1. Кожевников Д.А. Методы геометрической калибровки оптико-электронных приборов / Кожевников Д.А., Фёдорцев Р.В., Старосотников Н.О. // 9-я МНТК «Приборостроение-2016». Минск: БНТУ, 2016. – С.332-334.
2. Цифровые зеркальные камеры EOS и компактные системные камеры. Canon EOS 60D. – 2017. https://www.canon.ru/for_home/product_finder/cameras/digital_slr/eos_60d/
3. Объектив EF-S Lenses Canon EF-S 17-85mm f/4-5.6 IS USM. – 2017. <https://www.canon.ru/lenses/ef-s-17-85mm-f-4-5-6-is-usm-lens/>
4. Объектив EF-S Lenses Canon EF-S 18-55mm f/3.5-5.6 IS II. – 2017. <https://www.canon.ru/lenses/ef-s-18-55mm-f-3-5-5-6-is-ii-lens/>
5. Ежова, К.В. Разработка алгоритмов для компенсации децентрировок поверхностей в оптической системе на основе методов Гауссовой оптики / К.В. Ежова // Вестник П межвузовской конференции молодых ученых: сб. научн. Трудов. – СПб.: СПбГУИТМО. – 2005. – С.51-58.

ГОСТ 8.195-2013, ГОСТ 8.197-2013 и ГОСТ 8.205-2014. Эти стандарты распространяются на поверочные схемы для средств измерений соответственно световых величин непрерывного и