

А.П. ДАВИДЕНКО, канд. техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»
А.Д. КУПКО, к.т.н., вед. науч. сотр.,
ННЦ «Институт Метрологии», Харьков
В.Н. СЛАВКОВ, аспирант НТУ «ХПИ»

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОГО ФОТОАППАРАТА В ЗАДАЧАХ СВЕТОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Розглянуті питання застосування цифрового фотоапарата для дослідження ламп розжарювання електричних світловимірвальних. Зроблено аналіз основних експериментальних даних отриманих за допомогою цифрового фотоапарата. Висунута гіпотеза про необґрунтованість вимог нормативної документації в області світловимірвальних ламп розжарювання.

Questions of application of the digital camera for research of lamps of an incandescence of the electric photometric are considered. Will make the analysis of the basic experimental data received by means of the digital camera. The hypothesis about groundlessness of requirements of the standard documentation in the field of photometric lamps of an incandescence is put forward.

Постановка проблеми. Улучшение качества промышленной продукции, повышение надежности и долговечности оборудования и изделий возможно при условии совершенствования производства и внедрения системы управления качеством.

До недавнього часу на металургічних підприємствах, на контролі було зайнято до 18-20% робочих, при цьому руйнуванню піддавалось 10-12% продукції в партії. На машинобудівних заводах кількість руйнованих деталей порой досягає 15-20% від партії, оскільки після кожної основної технологічної операції з деталей виконуються образці для механічних і металлографічних випробувань [1].

Широкое применение неразрушающих методов контроля, не требующих вырезки образцов или разрушения готовых изделий, позволяет избежать больших потерь времени и материальных затрат, обеспечить частичную или полную автоматизацию операций контроля при одновременном значительном повышении качества и надежности изделий. В настоящее время ни один технологический процесс получения ответственной продукции не внедряется в промышленность без соответствующей системы неразрушающего контроля.

Оптико-электронные методы контроля основаны на исследовании температуры контролируемых объектов по интенсивности теплового излучения данного объекта. Эти методы широко используются в энергетике, машиностроении, черной и цветной металлургии, химической, пищевой, текстильной промышленности в ряде производственных технологических процессов.

В качестве современных специализированных бесконтактных средств измерений температурных полей объектов выступают пирометры и тепловизоры, в состав которых входят ПЗС матрицы, используемые в качестве светочувствительного элемента [2]. Однако существует возможность исследования высокотемпературных полей с помощью цифрового фотоаппарата, который позволяет произвести обработку цифровых температурных картин и получить характеристики распределения температур на поверхности объекта, выявить дефекты, присутствующие на поверхности, нарушения однородности, определить теплофизические свойства материала [3].

Помимо этого, существует возможность применения цифрового фотоаппарата в задачах световых измерений, а именно для анализа цветовой температуры образцовых светоизмерительных ламп накаливания. В данной области важной научно-технической задачей является правильный выбор режима работы этих ламп. Обусловлено это, прежде всего тем, что точного соответствия относительной спектральной чувствительности приемника идеальной получить практически невозможно. Поэтому, если приемник проградуирован по излучению с одним спектральным составом, а используется для излучения с другим спектральным составом, возникают систематические погрешности, тем большие, чем больше отличие.

Анализ литературы. Способ исследования, основанный на использовании цифрового фотоаппарата, практически не рассматривается в научных и периодических изданиях в области световых измерений и метрологического обеспечения, ведутся лишь только отдельные экспериментальные работы в этом направлении на базе НЦЦ «Институт метрологии» и НТУ «ХПИ».

Цель статьи – анализ основных экспериментальных данных полученных в результате исследования ламп накаливания электрических светоизмерительных.

Анализ цветовой температуры. При проведении экспериментов использовалась светоизмерительная лампа накаливания класса СИС-107-500, основные характеристики которой представлены в табл. 1 [4].

Таблица 1 – Основные характеристики светоизмерительной лампы накаливания класса СИС-107-500

Обозначение типа	Номинальные значения			Предельные значения		Цветовая температура тела накала, К
	Напряжение, В	Мощность, Вт	Сила света, кд	Сила света, кд		
				не более	не менее	
СИС-107-500	107	365	500	560	440	2800

Фотографирование производилось с помощью двух бюджетных фотоаппаратов SONY DSC-H5 и SAMSUNG PL60 по следующей схеме, структурное изображение которой представлено на рис.1. Стекло молочного цвета марки MC20 располагалось на расстоянии 33см от светоизмерительной лампы (позиция а, рис.1), фотоаппарат в свою очередь располагался на расстоянии 1-го, 2-х и 3-х метров от стекла (позиции b, c, d рис. 1).

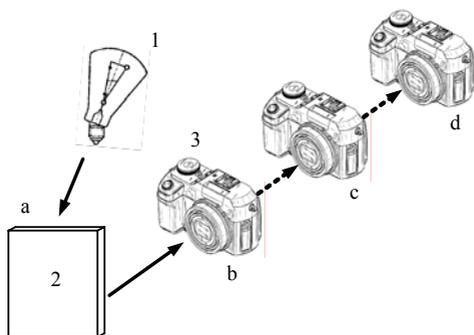


Рисунок 1 – Схема проведения эксперимента:
1 – СИС-107-500; 2 – стекло; 3 – фотоаппарат

В результате эксперимента получены изображения освещенного с помощью светоизмерительной лампы молочного стекла. Фотоаппараты были предварительно идентично настроены с помощью «ручных установок», табл. 2.

Таблица 2 – Параметры настройки для фотоаппаратов

Параметр настройки	Значение параметра настройки	
	SONY DSC-H5	SAMSUNG PL60
Уровень вспышки	OFF	OFF
Экспомер	центрально-взвешенный	центрально-взвешенный
Баланс белого	лампы накаливания	лампы накаливания
ISO	200	200
Контрастность	norm	norm
Резкость	norm	norm
Цветовой режим	norm	norm

Следует отметить, что фотоаппараты необходимо переводить в режим «ручных» или «програмных» установок во-избежании автоподстройки контраста и яркости изображения, значений уровня ISO, а также цветовых параметров.

Значения уровней *R*, *G*, *B* сигналов лежат в диапазоне от 0 до 255, это объясняется принципом действия ПЗС матрицы. Каждому пикселю такой матрицы соответствует свой основной цвет. Фотоны, прежде чем

попасть на пиксель, сначала проходят через фильтр, который пропускает только волны своего цвета, волны другой длины (другого цвета) будет просто поглощаться фильтром. Большинство сенсоров цифровых камер построено по принципу цветовой модели Байера. В этой системе фильтры расположены вперемежку, в шахматном порядке, а количество зеленых фильтров в два раза больше, чем красных или синих. Порядок расположения таков, что красные и синие фильтры расположены между зелеными.

Международная комиссия по освещению (МКО) в 1931 г. стандартизовала цветовую систему с монохроматическими излучениями в качестве основных цветов R (700 нм), G (546,1 нм), B (435,8 нм). Единичные количества основных цветов выбраны так, что их энергетические яркости относятся соответственно как 72,1:1,4:1,0. В этой системе координаты цвета монохроматических излучений (удельные координаты цвета $\bar{r}, \bar{g}, \bar{b}$) показывают, какое количество единиц основных цветов воспроизводят при смешении воспринимаемого цвета монохроматического излучения данной длины волны мощностью в 1 Вт.

Наличие отрицательных координат для реальных цветов неудобно в вычислительной работе, поэтому МКО стандартизовала систему X, Y, Z с прямоугольным цветовым графиком, в которой основные цвета не являются реально существующими и кривые сложения не имеют участков с отрицательными значениями. Основные цвета X, Y, Z выбраны с таким расчетом, что кривая подобна кривой относительной спектральной эффективности (видности) глаза. Тогда координата Y непосредственно характеризует яркость цвета [5].

При обработке полученных изображений осуществлялся переход от цветовой системы RGB (0-255, ПЗС матрицы) к цветовой системе Y_{cb} . Данный переход возможен путем использования следующих алгоритмов пересчета (рис. 2).

Результаты обработки полученных с помощью двух фотоаппаратов изображений представлены в табл. 3. Фотографирование производилось сериями по пять кадров для каждого из расстояний (позиции b, c, d см. рис.1). Затем, из каждого полученного изображения выделялась область 100×100 пикселей, находящаяся строго в геометрическом центре пластины стекла. Значение R, G, B сигналов для каждого из расстояний были получены путем усреднения значений R, G, B сигналов полученных в области 100×100 пикселей, а также усреднения в серии из пяти кадров.

Полученные данные говорят о том, что расстояние фотографирования не оказывает влияния на координаты цветности x, y , однако оказывает влияние на значение Y , которое численно пропорционально яркости полученных снимков [6]. Однако, для фотоаппарата SONY DSC-H5, как видно из табл.3 эта зависимость не имеет убывающего характера по мере возрастания расстояния фотографирования, в то время как для фотоаппарата SAMSUNG PL60, эта зависимость прослеживается.

```

RGB → XYZ

var_R = ( R / 255 ) //R from 0 to 255
var_G = ( G / 255 ) //G from 0 to 255
var_B = ( B / 255 ) //B from 0 to 255

if ( var_R > 0.04045 ) var_R = ( ( var_R + 0.055 ) / 1.055 ) ^ 2.4
else var_R = var_R / 12.92
if ( var_G > 0.04045 ) var_G = ( ( var_G + 0.055 ) / 1.055 ) ^ 2.4
else var_G = var_G / 12.92
if ( var_B > 0.04045 ) var_B = ( ( var_B + 0.055 ) / 1.055 ) ^ 2.4
else var_B = var_B / 12.92

var_R = var_R * 100
var_G = var_G * 100
var_B = var_B * 100

//Observer. = 2°, Illuminant = D65
X = var_R * 0.4124 + var_G * 0.3576 + var_B * 0.1805
Y = var_R * 0.2126 + var_G * 0.7152 + var_B * 0.0722
Z = var_R * 0.0193 + var_G * 0.1192 + var_B * 0.9505

```

```

XYZ → Yxy

//X from 0 to 95.047
//Y from 0 to 100.000
//Z from 0 to 108.883

Y = Y
x = X / ( X + Y + Z )
y = Y / ( X + Y + Z )

```

Рисунок 2 – Алгоритмы пересчета цветových систем

Таблица 3 – Результаты обработки изображений

Расстояние, м	Уровни R,G,B сигналов и координаты цветности Y, x, y											
	SONY DSC-H5						SAMSUNG PL60					
	R	G	B	Y	x	y	R	G	B	Y	x	y
1	240	222	205	75,2	0,34	0,35	106	108	107	14,9	0,31	0,33
2	243	225	208	77,4	0,34	0,35	104	105	106	14,1	0,31	0,33
3	224	226	210	74,9	0,34	0,35	101	101	100	13,0	0,31	0,33

Следующий эксперимент проводился по той же схеме (рис. 1), однако расстояние было фиксированным и составляло 1м, при этом изменялось напряжения питания светоизмерительной лампы СИС-107-500 в пределах 105÷108В. Результаты эксперимента приведены в табл. 4.

По результатам эксперимента полученных в табл. 4 видно что, зависимости координат цветности, а соответственно и цветовой температуры от напряжения питания светоизмерительной лампы установить не удалось, однако существует зависимость координаты Y. Для фотоаппарата SONY эта зависимость имеет явно выраженный возрастающий характер от возрастания напряжения питания лампы (рис. 2), для фотоаппарата SAMSUNG эта зависимость не прослеживается.

Таблица 4 – Результаты эксперимента

Напряжение пит., В	105	106	107	108	
Уровни R,G,B сигналов и координаты цветности Y, x, y					
SONY DSC-H5	R	140	150	154	160
	G	123	133	137	144
	B	110	121	124	131
	Y	20,9	24,6	26,2	29,1
	x	0,349	0,346	0,346	0,343
	y	0,352	0,349	0,350	0,349
SAMSUNG PL60	R	49	47	48	54
	G	49	47	48	54
	B	49	47	48	54
	Y	3,1	2,8	3,0	3,7
	x	0,313	0,313	0,313	0,313
	y	0,329	0,329	0,329	0,329

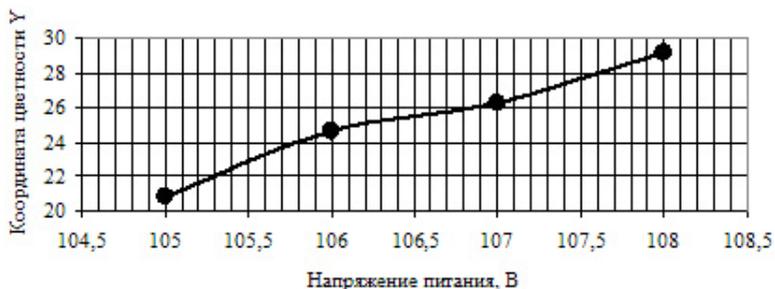


Рисунок 2 – График зависимости координаты Y от напряжения питания лампы

Выводы. Согласно [4, пункт 5.10] световые параметры поверяемых образцовых светоизмерительных ламп следует определять при напряжении, соответствующем номинальной цветовой температуре. Однако анализ экспериментальных данных показал, что требования, предъявляемые к лампам накаливания электрическим светоизмерительным, могут быть необоснованными, потому как существенной разницы в цветовой температуре от напряжения питания лампы установлено не было. Кроме того, существует ряд факторов оказывающих существенное влияние на способ исследования с помощью цифрового фотоаппарата, подробно описанных в [7]. Это частично подтверждается различием в результатах, полученных с помощью двух фотоаппаратов. Полученные результаты также подтверждаются при исследовании с помощью цветового пирометра «Веселка» в ННЦ «Институт Метрологии».

На данный момент цифровой фотоаппарат без соответствующего метрологического обеспечения пока не может выступать в роли прецизионного средства измерения, поэтому дальнейшие исследования следует направить на оценку его метрологических характеристик.

Список литературы: 1. *Каневский И.Н.* Неразрушающие методы контроля: учеб. пособие / И.Н. Каневский, Е.Н. Сальникова. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 243с. 2. *Иванова Г.М., Кузнецов Н.Д., и др.* Теплотехнические измерения и приборы. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 232 с. 3. *Давиденко А.П.* Применение цифровой фотографии в задачах неразрушающего контроля / А.П. Давиденко, В.Н. Славков // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2009 – №23. 4. Лампы накаливания электрические светоизмерительные рабочие. Технические условия: ГОСТ 10771:1982. – [Срок действия с 01.01.83 до 01.01.90]. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 21с. 5. *Луизов А.В.* Цвет и свет. – Л.: Энергоатомиздат. Ленинград, отдел, 1989. – 256с. 6. *George A. Agoston.* Color Theory and Its Application in Art and Design. – Springer-Verlag, 1987. – 240p. 7. *Давиденко А.П.* Анализ факторов влияния при измерении высоких температур цифровым фотоаппаратом / А.П. Давиденко, В.Н. Славков // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2010 – №20.

Поступила в редакцию 07.02.2011