

11. Васілевський О.М. Оцінка статичних метрологічних характеристик вимірювального каналу активності іонів / О. М. Васілевський, В. М. Дідич, В. О. Поджаренко // Наукові праці Вінницького національного технічного університету [Електронне наукове фахове видання]. – 2009. – № 4. – Режим доступу до журн.: <http://praci.vntu.edu.ua/article/view/1044/99>.

12. Василевский А. Н. Неопределенность измерительного канала активности ионов при контроле гумусового состояния почв с помощью ионоселективных электродов / А. Н. Василевский, В. А. Поджаренко, В. Н. Дидич // Системы обработки информации. – Харьков. – 2008. – № 4 (71). – С. 85 – 87.

References

1. ISO/IEC Guide 98-1:2009 «Uncertainty of measurement – Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement». – Geneva (Switzerland): ISO. – 2009. – 32 p.
2. Vasilevskiy O. M. Algoritm otsinyvannya nevyznachenosti u vymiryvannyakh pry vykonanni metrologichnykh robot / O. M. Vasilevskiy // Informatsiyni tehnologii ta kompyuterna ingeneriia. – № 3 (7). – 2006. – P. 147–151.
3. Vasilevskiy O. M. Osnovy teorii nevyznachenosti vymiryvan: [pidruchnyk] / O. M. Vasilevskiy, V. Y. Kucheruk, E. T. Volodarskiy. - Vinnytsya: VNTU, 2015. – 230 p. - ISBN 978-966-641-632-5.
4. IEC GUIDE 115-2007 «Application of uncertainty of measurement to conformity assessment activities in the electrotechnical sector». – Geneva (Switzerland): IEC. – 2007. – 54 p.
5. VASILEVSKYI, O. M. Calibration method to assess the accuracy of measurement devices using the theory of uncertainty. *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, 2014, 5.04: 403.
6. Vasilevskiy O. M. Elementy teorii pobudovy potentsiometrychnykh zasobiv vymiryvalnogo kontrolyu aktivnosti ioniv z pidvyschenoy virogidnistyu : [monographiya] / O. M. Vasilevskiy, V. M. Didich. - Vinnytsya: VNTU. – 2013. – 176 p. – ISBN 978-966-641-505-2.
7. Didich V. M. Potentsiometrychni zasoby vymiryvannya aktyvnosti ioniv skladovykh elementiv gumusu v grunti / V. M. Didich, O. M. Vasilevskiy, V. O. Podzharenko // Visnyk Vinnytskogo Politechnichnogo Instytutu. – 2008. – № 5. – P. 5 – 10.
8. Podzharenko V. O. Otsinka virogidnosti avtomatyzovanogo kontrolyu skladovykh elementiv gumusu v grunti / V. O. Podzharenko, V. M. Didich, O. M. Vasilevskiy // Visnyk Natsionalnogo Universitetu "Lvivska Politechnika". Seriya: "Avtomatyka, vymiryvannya ta keruvannya". – 2009. – № 639. – P. 51 – 54.
9. Vasilevskiy O. M. Metrologichne zabezpechennya vymiryvan aktyvnosti ioniv / O. M. Vasilevskiy, V. M. Didich // Vymiryvalna ta obchyslyvalna tehnika v tehnologichnykh protsesakh. – 2014. – № 2. – P. 54 – 58.
10. Vasilevskiy O. M. Normuvannya pokaznykiv nadiynosti tekhnichnykh zasobiv : [navchalnyy posibnyk] / O. M. Vasilevskiy, O. G. Ignatenko. – Vinnytsya: VNTU, 2013.–160 p. – ISBN 978-966-641-535-9.
11. Vasilevskiy O. M. Otsinka statychnykh metrologichnykh kharakterystyk vymiryvalnogo kanalu aktyvnosti ioniv / O. M. Vasilevskiy, V. M. Didich, V. O. Podzharenko // Naukovi pratsi Vinnytskogo Natsionalnogo Technichnogo Universytetu [Elektronne naukove phakhove vydannya]. – 2009. - №4. – Rezhim dostupu do zhurnalu: <http://praci.vntu.edu.ua/article/view/1044/99>.
12. Vasilevskiy O. M. Neopredelennost izmeritelnogo kanala aktivnosti ionov pri kontrole dumusovogo sostoyaniya pochv s pomoshchyu ionoselektivnykh elektrodov / O. M. Vasilevskiy, V. O. Podzharenko, V. M. Didich // Systemy obrobky informatsii. – Kharkiv. – 2008. – № 4 (71). – P. 85 – 87.

Рецензія/Peer review : 17.11.2015 р.

Надрукована/Printed :12.12.2015 р.

УДК 629.78

Л.А. МИХЕЕНКО, М.А. ПУГИНА

Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт"

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭТАЛОНА ЯРКОСТИ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРИРУЮЩЕЙ СФЕРЫ С РАССЕИВАТЕЛЕМ НА ВЫХОДНОЕ ЯРКОСТНОЕ ПОЛЕ

В статье описаны результаты численного анализа влияния микроструктуры внутренней поверхности интегрирующей сферы на характеристики формируемого эталоном выходного яркостного поля. Проанализировано влияние параметров источника излучения на метрологические характеристики эталона яркости.

Ключевые слова: оптическая радиометрия, оптическая метрология, эталон яркости.

L. A. MIKHEYENKO, M. O. PUHINA

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

ANALYSIS OF INFLUENCE OF STRUCTURAL ELEMENTS OF STANDARD OF BRIGHTNESS ON BASIS OF INTEGRATING SPHERE WITH DIFFUSER ON THE OUTPUT BRIGHTNESS FIELD

Abstract – The aim of work is the detailed analysis of homogeneity of the output brightness field of standard of brightness on the basis of integrating sphere with a diffuser, depending on his basic structural elements.

In the article the numerical analysis of influence of microstructure of internal surface of integrating sphere is described on descriptions of the output brightness field formed by a standard. Influence of parameters of radiant on metrology descriptions of standard of brightness is analyzed. Influence of elements of standard of brightness is analyzed on the output brightness field.

It is shown that in all cases position of element of microstructure is the most substantial factor of influence on distribution of brightness of output aperture. Change of other parameters of elements influence on an unevenness on determination of brightness is much less.

Keywords: optical radiometry, optical metrology, the standard brightness.

Введение

Рабочие эталоны яркости (ЭЯ) на основе интегрирующей сферы (ИС) с рассеивателем имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными излучателями – прежде всего значительную апертуру и

высокую яркость [1, 2]. Однако достижение минимальной неоднородности выходного яркостного поля является весьма сложной задачей. В [2] был предложен численный метод анализа выходного яркостного поля, основанного на расчете прохождения единичного луча в ИС, позволяющего оценить его неоднородность.

Целью настоящей работы является детальный анализ однородности выходного яркостного поля эталона яркости на основе ИС с рассеивателем, в зависимости от его основных конструктивных элементов.

Конструктивные элементы эталона яркости

Конструктивная схема эталона яркости представлена на рис. 1.

Основными элементами эталона, являются источники излучения, экраны и рассеивающее покрытие, которое в общем случае может содержать различные микронарушения поверхности. На рис. 2 предоставлены модели этих микронарушений, позволяющие практически полностью описать фотометрические характеристики эталона.

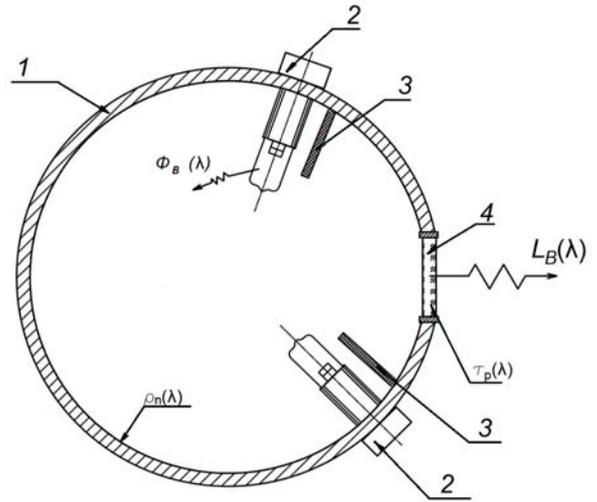


Рис. 1. Конструктивная схема эталона яркости: 1 – интегрирующая сфера; 2 – источник излучения; 3 – экран; 4 – рассеиватель.

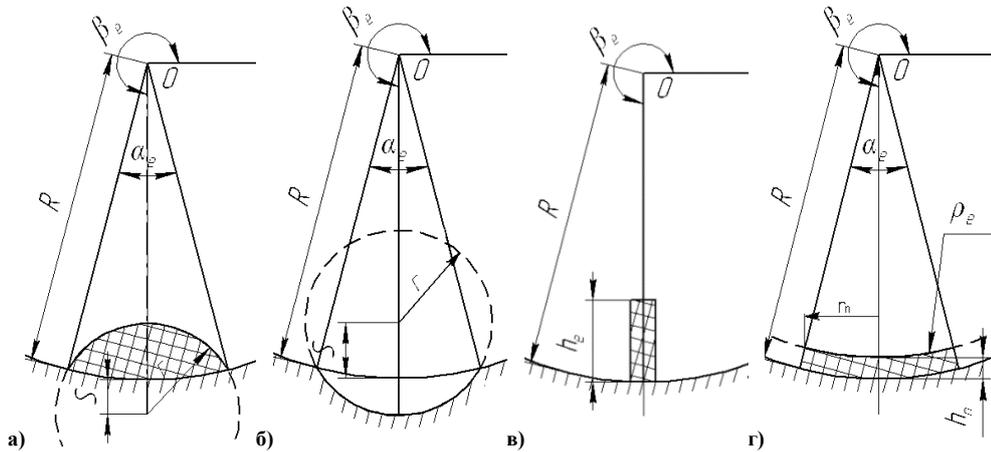


Рис. 2. Основные типы элементов ИС и ЭЯ: а) «горб»; б) «яма»; в) «заграждение»; г) «пятно».

Рассмотрим влияние каждого из указанных элементов на формирование выходного яркостного поля, воспользовавшись численным методом анализа описаного в [2]. Для большей определенности примем следующие параметры эталона:

$$R_{ит} = 75 \text{ мм}; \quad R_{вых} = 15 \text{ мм}; \quad \rho = 0,994 .$$

Влияние элементов эталона яркости на выходное яркостное поле

Элемент типа «горб».

Исходные данные для расчёта приведены в табл. 1, а полученные зависимости - на рис. 3.

При этом отметим, что графики распределения выходной яркости апертуры представлены в 4-х видах: точные значения в точках, сглаженное распределение, логарифмическая аппроксимация и линейная аппроксимация.

Таблица 1

Расчетные параметры элемента типа «горб»

Параметр	Начальная величина	Диапазон изменений параметра	Шаг итерации параметра
β_e	270°	45° - 315°	30°
r	15 мм	6 - 33 мм	3 мм
s	5 мм	1 - 10 мм	1 мм

Из графиков на рис. 3 можно сделать следующие выводы:

1. Максимальная неравномерность яркости выходной апертуры соответствует случаю, когда элемент находится напротив источника излучения, и первоначальное излучение попадает непосредственно

на поверхность элемента. По мере удаления элемента из этой зоны неравномерность значительно уменьшается.

2. Зависимость неравномерности яркости выходного апертуры, в зависимости от радиуса элемента имеет достаточно сложный характер, в целом неравномерность яркости уменьшается пропорционально увеличению радиуса элемента. Это объясняется тем, что при увеличении радиуса форма поверхности все больше приближается к форме поверхности ИС, т.е. она выравнивается.

3. Зависимость неравномерности яркости выходной апертуры от смещения центра кривизны элемента, имеет скачкообразный характер. Вначале величина неравномерности увеличивается с ростом отклонения, однако после достижения значения равно половине радиуса кривизны резко уменьшается. Такая зависимость объясняется тем, что величина отклонения начинает компенсировать неравномерность, вызванную большим радиусом кривизны элемента.

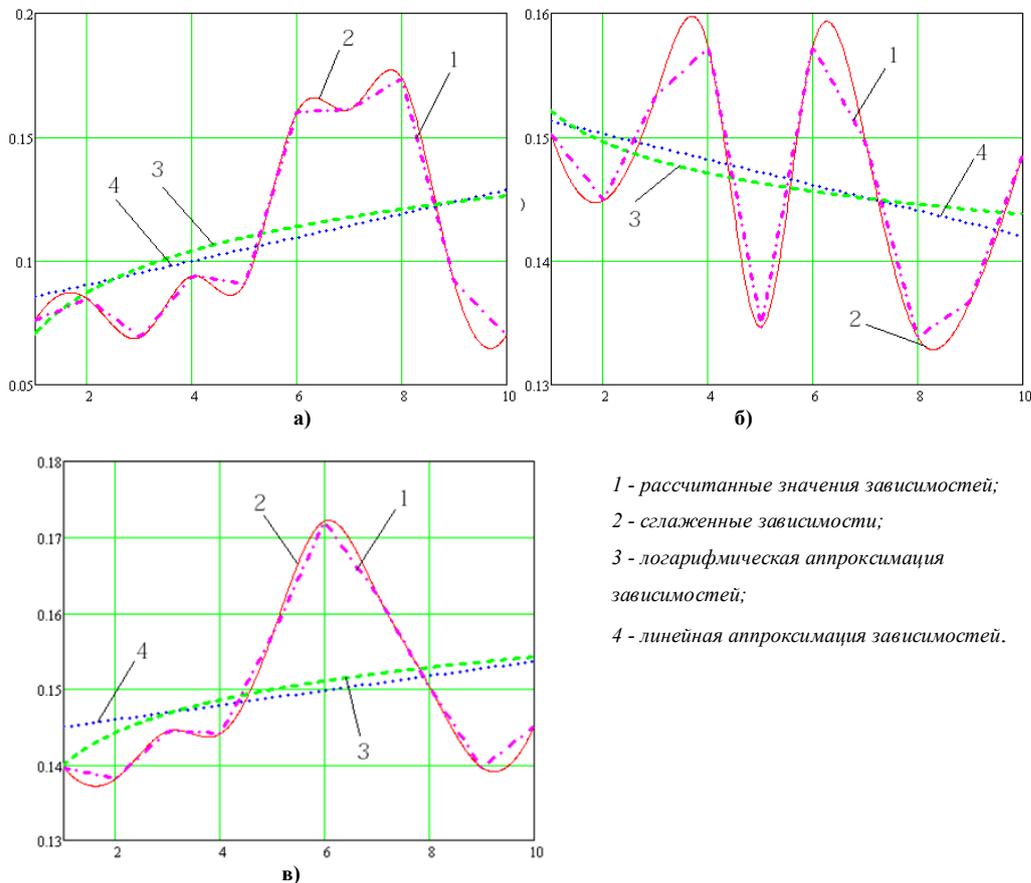


Рис. 3. Коэффициент неравномерности выходной яркости апертуры эталона яркости при неравномерности тип «горб», в зависимости от: а) положения элемента; б) радиуса элемента; в) смещения центра кривизны элемента.

Элемент типа «яма».

Исходные данные для расчёта представлены в табл. 2, полученные результаты - на рис. 4.

Таблица 2

Расчетные параметры элемента типа «яма»

Параметр	Начальная величина	Диапазон изменений параметра	Шаг итерации параметра
β_e	270°	45°- 315°	30°
r	15 мм	6 - 33 мм	3 мм
S	5 мм	1 - 10 мм	1 мм

Из графиков на рис. 4 можно сделать следующие выводы:

1. Коэффициент неравномерности яркости выходного апертуры имеет максимальное значение в случае, когда элемент находится напротив источника излучения. Однако величина неравномерности практически во всех точках имеет большое значение, что вызвано тем, что не все лучи, попадающие в середину элемента выходят из него, т.е. уменьшается общая яркость некоторых зон выходной апертуры.

2. Коэффициент неравномерности яркости выходного апертуры, в зависимости от радиуса элемента очень медленно растет во всем диапазоне изменений радиуса.

3. При постоянном радиусе и переменной величине отклонения центра кривизны элемента происходит увеличение величины коэффициента неравномерности яркости.

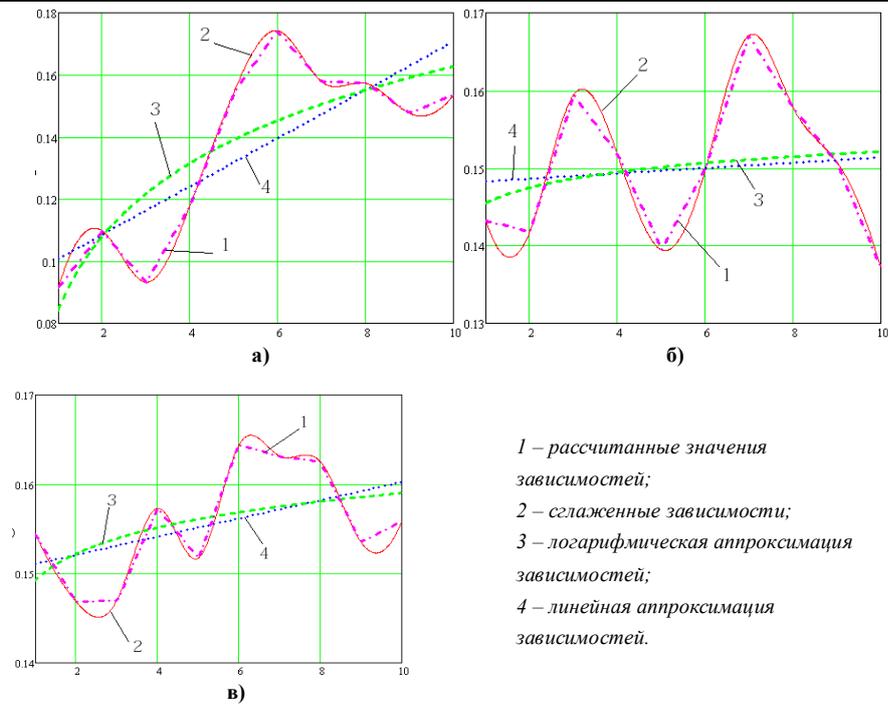


Рис. 4. Коэффициент неравномерности яркости выходного апертурного ДИ при неравномерности типа «яма», в зависимости от: а) положения элемента; б) радиуса элемента; в) смещения центра кривизны элемента.

Элемент типа «заграждение».

Для упрощения описания и математических выкладок, будем считать, что поверхность элемента имеет идеальную плоскую поверхность.

Величины, которые были выбраны для расчета приведены в табл. 3, а полученные распределения яркости выходной апертурной представлены на рис. 5, по оси абсцисс как и раньше отложен шаг итерации параметра.

Таблица 3.

Расчетные параметры элемента типа «заграждение»

Параметр	Начальная величина	Диапазон изменений параметра	Шаг итерации параметра
β_e	270°	45° - 315°	30°
h	15 мм	6 - 33 мм	3 мм

Из графиков рис. 5 можно сделать следующие выводы:

1. При удалении элемента от первоначального источника - величина неравномерности яркости выходной апертурной вначале снижается, а при приближении к выходной апертуре снова начинает расти. Такая зависимость вызвана тем, что данный элемент, вносит наибольшие отклонения луча относительно любой точки своей поверхности. При размещении элемента близко к первоначальному источнику или выходной апертуре, его угловой размер имеет наибольшие размеры, при удалении - наоборот размеры уменьшаются, и тем самым уменьшается вероятность отклонения луча его поверхностью.

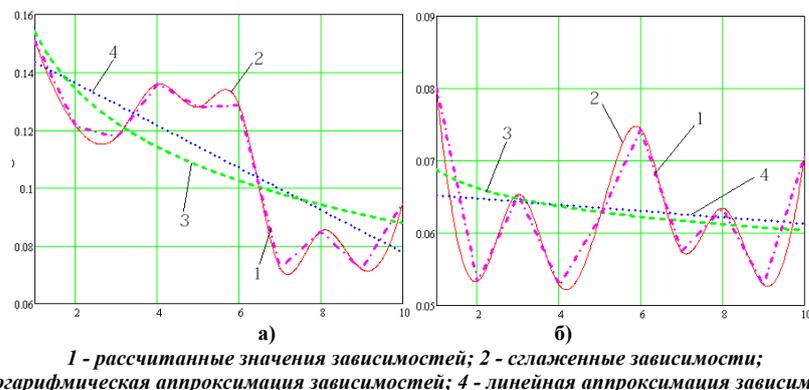


Рис. 5. Коэффициент неравномерности яркости выходного апертурного ЭА при неравномерности типа «заграждение», в зависимости от: а) положение элемента; б) высоты элемента.

2. Изменение величины элемента вносит небольшие отклонения в распределение неравномерности яркости. Однако такая зависимость характерна для случая, когда элемент находится почти напротив первоначального источника, и угловой размер элемента имеет достаточно малые размеры.

Элемент типа «пятно».

Величины, которые были выбраны для расчета приведены в табл. 4, коэффициент отражения поверхности элемента выбран равным 0,5. Полученные распределения представлены на рис. 6. По оси абсцисс отложен шаг итерации параметра.

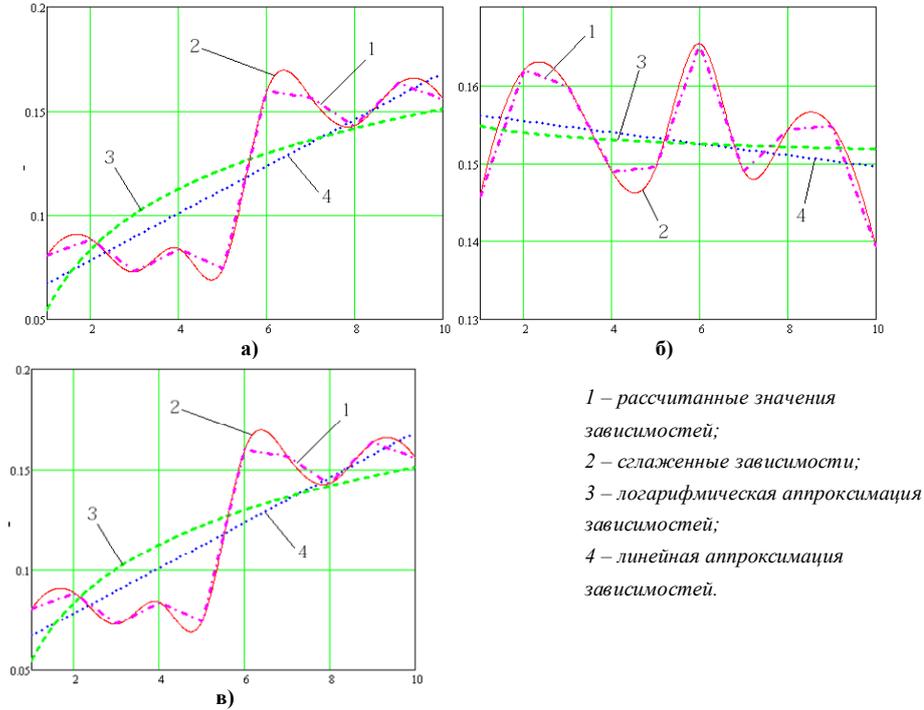


Рис. 6. Коэффициент неравномерности яркости выходной апертуры ЭЯ при неравномерности тип «пятно», в зависимости от: а) положения элемента; б) высоты элемента; в) радиуса элемента.

Из графиков рис.6 можно сделать следующие выводы:

1. Как и в предыдущих случаях, при приближении элемента к выходной апертуры неравномерность повышается, так как все большее количество лучей отклоняются в сторону выходной апертуры. Однако в случае приближения элемента к первоначальному источнику излучения, повышение коэффициента неравномерности не так выражено, так как на элемент попадает только отраженное от поверхности сферы излучение, а не излучение от первоначального источника.

2. При увеличении высоты и радиуса элемента, коэффициент неравномерности яркости выходной апертуры пропорционально уменьшается. То есть можно сказать, что при увеличении площади пятна происходит пропорциональное уменьшение неравномерности яркости. Это объясняется тем, что первоначальное излучение источника непосредственно попадает на поверхность элемента, и большее количество лучей получает начальное ослабление (50%) и вносит меньшее влияние на суммарное распределение яркости в выходной апертуре. Т.е. выходное распределение несколько сглаживается за счет ослабления интегрального выходного потока.

Таблица 4

Расчетные параметры элемента типа «пятно»

Параметр	Начальная величина	Диапазон изменений параметра	Шаг итерации параметра
β_e	270°	45°- 315°	30°
h_n	5 мм	1 - 11 мм	1 мм
r_n	15 мм	6 - 33 мм	3 мм

Влияние параметров и места размещения источника излучения на выходное яркостное поле эталона

При разработке математической модели источника излучения использовались следующие основные элементы, образующего его форму (рис. 7). Основу элемента составляет неровность типа «горб», который ограничен с обеих сторон элементами типа «ограждение», а вся поверхность источника излучения имеет переменный коэффициент отражения, как в случае элемента типа «пятно». Разработанная модель достаточно точно описывает основные типы источников излучения, применяемых в эталонах яркости – галогенные лампы и светоизлучающие диоды.

Математические выкладки прохождения лучей по поверхностям тех или иных элементов были рассмотрены в [2], однако неопределенным остается вопрос нахождения предельных углов попадания луча на поверхность элемента. Из-за различий в выражениях для определения положения луча на поверхности ИС, после их отражения от различных частей элемента, разделим предельный угол на 3 зоны: зона левого «ограждения», центральная зона «горба», зона правого «ограждения».

Для «ограждений» предельные углы не изменятся, и будут иметь вид:

$$\theta_n = \frac{180 - \beta_e + \beta}{2}, \tag{1}$$

$$\theta_{o1} = \arcsin\left(\frac{(R - h) \cdot \sin(\beta_e - \beta)}{\sqrt{R^2 + (R - h)^2 - 2 \cdot R \cdot (R - h) \cdot \cos(\beta_e - \beta)}}\right) \tag{2}$$

где θ_n - предельный угол до точки пересечения ИС с элементом;

θ_{o1} - предельный угол касательной к вершине элемента;

R - радиус ЭЯ;

β_e - угол, определяющий положение элемента;

β - угол, определяющий предварительное размещение луча в координатах ДИ;

h - высота элемента.

Для элемента «горб» первым углом будет описанный выше предельный угол, касательной к вершине элемента «ограждение», при этом выбор необходимой, левой или правой стенки «ограждения», ведется из соображений определения ближайшего к лучу элемента, а вторым – угол, касательный к сфере элемента, который определяется из выражения:

$$\theta_{o2} = \arcsin\left(\frac{(R + s) \cdot \sin(\beta_e - \beta)}{R^2 + (R + s)^2 - 2 \cdot R \cdot (R + s) \cdot \cos(\beta_e - \beta)}\right) - \arcsin\left(\frac{r}{R^2 + (R + s)^2 - 2 \cdot R \cdot (R + s) \cdot \cos(\beta_e - \beta)}\right) \tag{3}$$

где s – смещение центра кривизны элемента относительно поверхности сферы.

Таким образом, используя зависимости, полученные в предыдущих разделах, можно смоделировать и исследовать влияние на выходное яркостное поле практически любого источника излучения со следующими параметрами:

β_e - положение элемента;

r - радиус линзы элемента;

h - высота элемента;

r_e - радиус основания элемента.

В качестве исходных параметров принято:

- радиус сферы $R = 250 \text{ мм}$;

- диаметр выходной апертуры $D_B = 100 \text{ мм}$;

- коэффициент отражения поверхности ИС $\rho = 0.99$;

- порядок косинусности первоначального источника $m = 3$;

- уровень излучения первоначального источника $I = 0.5$;

- количество зон на графике распределения яркости в выходной апертуре 20;

- количество расчетных единичных лучей $n = 100$.

По рассмотренной выше методике, рассчитывалось распределение яркости в выходной апертуре эталона яркости при изменении перечисленных параметров. При этом на каждом этапе анализа один из параметров элемента, был переменным, а другим присваивались средние значения. Изменение параметров элемента происходило в диапазоне кратности $N = 1 \dots 10$, где каждая точка распределения соответствует значению $k_N = k_{N-1} + \Delta k$.

Полученные распределения яркости представлены на рис. 8, по оси абсцисс отложено шаг итерации параметра. Величины, которые были выбраны для расчета приведены в табл. 5.

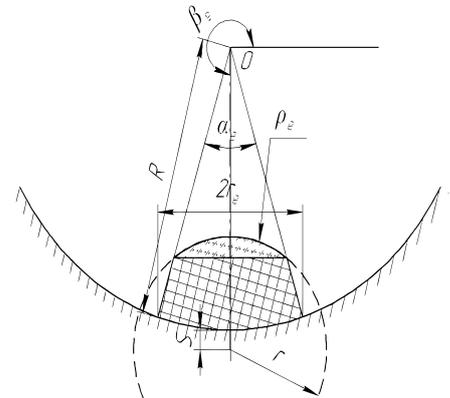
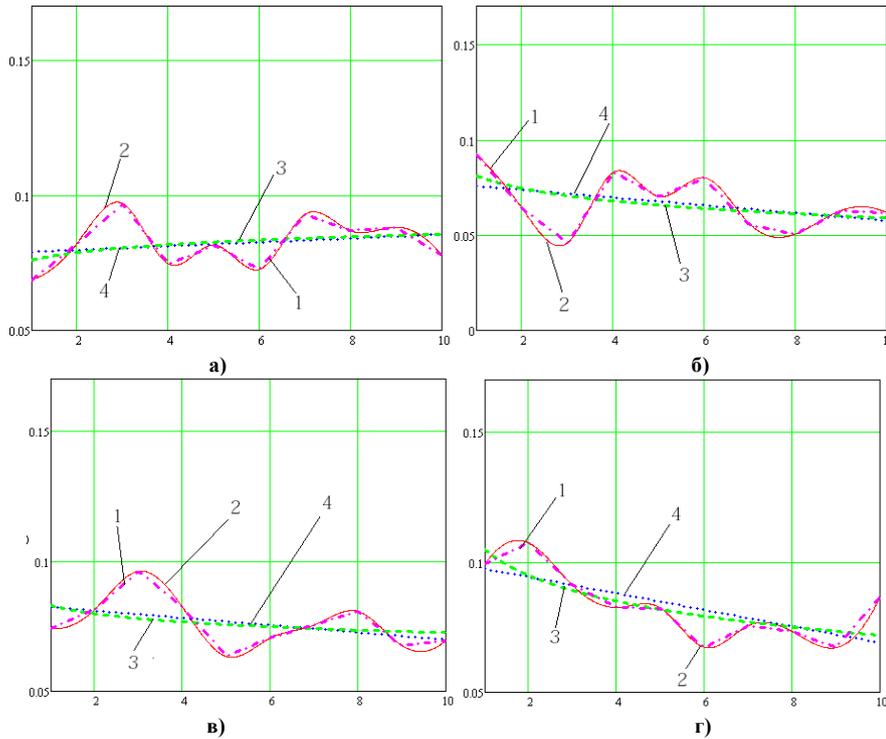


Рис. 7. Модель источника излучения

Таблица 5

Расчетные параметры элемента типа «горб»

Параметр	Начальная величина	Диапазон изменений параметра	Шаг итерации параметра
β_e	90°	45°-180°	13,5°
r	15мм	6 - 33 мм	3 мм
h	5мм	4 - 13 мм	1 мм
r_e	5мм	4 - 13 мм	1 мм



1 – рассчитанные значения зависимостей; 2 – сглаженные зависимости;
 3 – логарифмическая аппроксимация зависимостей; 4 – линейная аппроксимация зависимостей.

Рис. 8. Коэффициент неравномерности яркости выходной апертуры ЭЯ при неравномерности тип "источник излучения", в зависимости от: а) высоты элемента; б) положения элемента; в) радиуса кривизны головки элемента; г) радиуса основания элемента

Из графиков рис. 8 можно сделать следующие выводы:

1. Изменения параметров элемента не столь существенны, как в предыдущих случаях. Это объясняется тем, что лучи, исходящие из элемента, не попадают непосредственно на микродефекты, а равномерно заполняют поверхность ИС. Только при последующих отражениях излучение попадает на элемент, однако из-за потери энергии и ее перераспределения их влияние значительно уменьшается.
2. Положение элемента почти не изменяет картины распределения яркости, хотя, как и предполагалось, повышается её неравномерность при удалении от выходной апертуры эталона яркости.
3. Как и в случае с элементом «горб» - при увеличении кривизны элемента неравномерность яркости несколько уменьшается.
4. Увеличение высоты элемента несколько ухудшает распределение яркости в выходной апертуре, однако это влияние незначительно. Это объясняется тем, что высота элемента влияет только на размеры «ограждений», а вероятность попадания на них лучей - значительно меньше, чем попадание на «горб».
5. При увеличении радиуса элемента значительно уменьшается неравномерность яркости выходной апертуры эталона яркости. При увеличении площади элемента - увеличивается площадь «горба» и уменьшается площадь «ограждений», т.е. на распределение яркости больше влияет именно первая неравномерность, обладающая из-за своей круглой формы интегрирующими свойствами.

Выводы

Выполнен численный анализ влияния микроструктуры внутренней поверхности интегрирующей сферы на характеристики формируемого эталоном выходного яркостного поля.

Показано, что во всех случаях положение элемента микроструктуры является наиболее существенным фактором влияния на распределение яркости выходной апертуры. Изменение других параметров элементов влияют на неравномерности на определение яркости намного меньше.

Проанализировано влияние параметров источника излучения на метрологические характеристики эталона яркости. Установлено, что размеры источника излучения меньше влияют на распределение яркости в выходной апертуре, чем положение источника.

Показано, что неравномерность яркости в выходной апертуре эталона может быть снижена до 0,5% при использовании традиционных источников излучения (галогенных ламп и светоизлучающих диодов) и покрытий на основе сернистого бария и политетрафторэтилена.

В дальнейшем планируется проведение экспериментальных исследований эталона яркости на основе интегрирующей сферы с рассеивателем.

Работа будет интересна специалистам в области оптической метрологии и радиометрии.

Литература

1. Міхеєнко Л. А., Пугіна М. О. Робочий еталон яскравості на базі інтегрувальної сфери з розсіювачем // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2015. – №4 – с. 9-15
2. Міхеєнко Л. А., Пугіна М. О. Численный метод анализа выходного яркостного поля эталона яркости на основе интегрирующей сферы // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2015. – №4. – С. 59-64

References

1. Mikheyenko L. A., Puhina M. O. Robochij etolon yaskravosti na bazi integrual'noi sfery z rozsiuvachem // Visnyk Vinnyc'kogo politexnichnogo instytutu. -2015. – №4 – s. 9-15
2. Mikheyenko L. A., Puhina M. O. Chislenyj metod analiza vy'ходного yarkostного polya e'talona yarkosti na osnove integriruyushhej sfery. Khmelnytskyi. Measuring and Computing Devices in Technological Processes. 2015. Issue 4. P. 59-64

Рецензія/Peer review : 17.11.2015 р.

Надрукована/Printed : 12.12.2015 р.

УДК 629.78

Л.А. МИХЕЕНКО, М.А. ПУГИНА

Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт"

ЧИСЛЕННИЙ МЕТОД АНАЛИЗА ВЫХОДНОГО ЯРКОСТНОГО ПОЛЯ ЭТАЛОНА ЯРКОСТИ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРИРУЮЩЕЙ СФЕРЫ

В статье описан метод численного анализа влияния конструктивных элементов эталона яркости на основе интегрирующей сферы с рассеивателем на неоднородность выходного яркостного поля. Показана эффективность использования численного метода анализа выходного яркостного поля излучателя на основе интегрирующей сферы.

Ключевые слова: оптическая радиометрия, оптическая метрология, эталон яркости.

L.A. MIKHEYENKO, M.O. PUHINA

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

NUMERAL METHOD OF ANALYSIS OF THE OUTPUT BRIGHTNESS FIELD OF STANDARD OF BRIGHTNESS ON BASIS OF INTEGRATING SPHERE

Abstract - Development of numeral method of analysis of heterogeneity of the output brightness field of standard of brightness on the basis of integrating sphere with a diffuser.

The basic structural elements of standard of brightness and their mathematical models are considered. The method of numerical analysis of influence of structural elements of standard of brightness is worked out on heterogeneity of the output brightness field. Mathematical models are offered describing passing of rays into an integrating sphere at presence of in her basic structural elements - radiant's, screen, diffuser.

Efficiency of the use of numeral method of analysis of the output brightness field of emitter is shown on the basis of integrating sphere.

Keywords: optical radiometry, optical metrology, the standard brightness.

Введение

Наиболее часто при радиометрической калибровке протяженных излучателей используются энергетическая яркость (ЭЯ) и спектральная плотность энергетической яркости (СПЭЯ), поэтому разработка эталонных излучателей, воспроизводящих эти величины, является важной и актуальной задачей [1].

В настоящее время для хранения и передачи единиц ЭЯ и СПЭЯ используются, в основном, модели абсолютно черных тел (государственные эталоны) и светоизмерительные ленточные лампы (рабочие эталоны и образцовые средства измерений) [1]. Наряду с известными достоинствами таких излучателей, они имеют и серьезные недостатки – высокую стоимость (в первую очередь моделей черных тел), неравномерность распределения яркости по телу накала, изменение этого распределения в процессе эксплуатации, малую величину рабочей зоны (в пределах нескольких миллиметров), ограниченный срок службы (в основном ленточных ламп). Кроме того, модели черных тел и ленточные лампы в Украине не производятся, а парк находящихся в эксплуатации эталонных излучателей значительно уменьшается и морально устарел. Замена ленточных ламп галогенными [2] решает указанные выше проблемы только частично из-за дискретной структуры тела накала, образованного отдельными витками спирали и значительной неоднородности формируемого яркостного поля, имеющего к тому же, малые размеры.

В [3] был предложен эталон яркости на основе интегрирующей сферы (ИС) с рассеивателем, который обеспечивает высокий уровень яркости в пределах значительной апертуры. Основной проблемой таких эталонов является получение высокой однородности формируемого выходного яркостного поля, чему мешают микроэлементы (неоднородности) поверхности интегрирующей сферы, источники излучения с арматурой и экраны, устанавливаемые внутри нее, а также ряд других факторов.

Цель работы

Разработка численного метода анализа неоднородности выходного яркостного поля эталона яркости