

діода в інтерферометрі білого світла на основі порівняння спектрофотометричних характеристик цього випромінювача з галогенною лампою накаливання і аналізу вихідного сигналу інтерферометра для типів випромінювачів, що розглядаються.	white light interferometer is considered on the basis of comparison spectrophotometric of the characteristics irradiator with halogen incandescent lamp and analysis of a target signal interferometer for considered types излучателей.
---	--

*Надійшла до редакції
12 червня 2007 року*

УДК 528.7, 629.78

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФУЗНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРИРУЮЩЕЙ СФЕРЫ

Михеенко Л.А., Боровицкий В.Н., Гордиенко Ю.А., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

В работе представлены методика и аппаратура для измерения распределения яркости в плоскости выходной апертуры диффузного излучателя на основе интегрирующей сферы. Выполнен анализ экспериментальных данных о распределении яркости и сформулированы рекомендации по выбору оптимальных параметров диффузного излучателя

Введение

Диффузные излучатели (ДИ) на основе интегрирующей сферы (ИС) нашли широкое применение при измерении энергетических характеристик многоэлементных приемников излучения и устройств на их основе: цифровых фотоаппаратов, цифровых видеокамер, цифровых оптических микроскопов, обзорно-поисковых и следящих систем, многоспектральных сканирующих устройств космического базирования и др.[1-2]. Одной из основных характеристик ДИ является неравномерность распределения яркости в плоскости выходной апертуры. В большинстве практических случаях эта неоднородность не должна превышать величин порядка 1 – 3% [3].

Достаточно полная теория ДИ представлена в работах [4-5]. Однако получение аналитических выражений, описывающих распределение яркостного поля в выходной апертуре ДИ связано со значительными математическими трудностями. Это обусловлено сложным характером формирования яркостного поля в реальной ИС при произвольном расположении источников излучения, формы и направленности их индикатрис, влияния технологических факторов (элементы крепления источников излучения и т.п.) .

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование факторов, определяющих формирование яркостного поля выходной апертуры ДИ и разработка практических рекомендаций по обеспечению максимальной однородности яркости в проектируемых ДИ для прецизионной фотометрии.

Экспериментальная установка

Экспериментальная установка, предназначенная для исследования ДИ, показана на Рис.1. Она состоит из макета ДИ на основе ИС диаметром 260 мм с круглой выходной апертурой диаметром 50 мм и фотоэлектрического микроскопа (ФЭМ). Внутренняя поверхность ИС покрыта краской на основе BaSO_4 с поливиниловым спиртом [5]. Конструкция ИС позволяла устанавливать источники излучения на различных расстояниях и в различных плоскостях по отношению к выходной апертуре. Схема расположения источников излучения показана на Рис. 2. В качестве источников излучения использовались галогенные лампы Capsuleline Pro фирмы Philips 100Вт на 12 В.

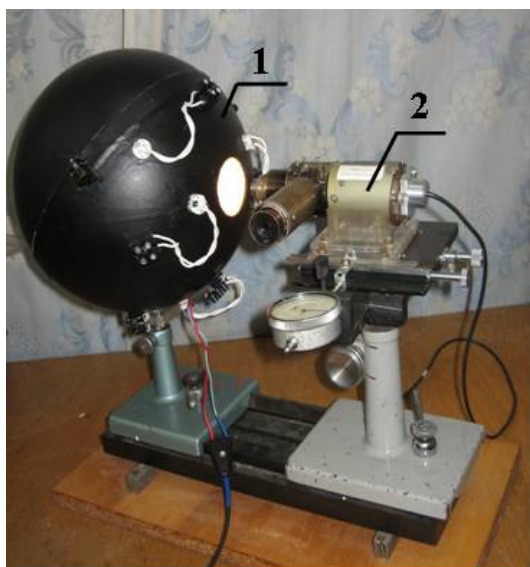


Рис. 1. Установка для исследования диффузного излучателя, где:
1 - диффузный излучатель;
2 - фотоэлектрический микроскоп.

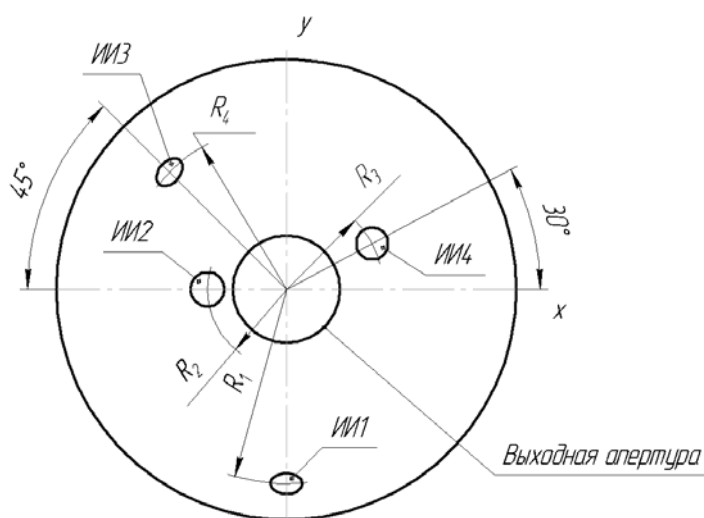


Рис. 2. Схема расположения источников излучения (ИИ) внутри диффузного излучателя (вид со стороны выходной апертуры).

Для обеспечения неизменных условий эксперимента питание галогенных ламп осуществлялось от блока питания ВСЛ-5К, подключенного к стабилизатору Б2-3. Перед источниками излучения устанавливались экраны для предотвращения попадания прямых лучей от галогенных ламп в выходную апертуру. Перед источниками излучения устанавливались экраны для предотвращения попадания прямых лучей от галогенных ламп в выходную апертуру.

С такой же целью в выходном отверстии ИС могла быть установлена цилиндрическая бленна переменной длины.

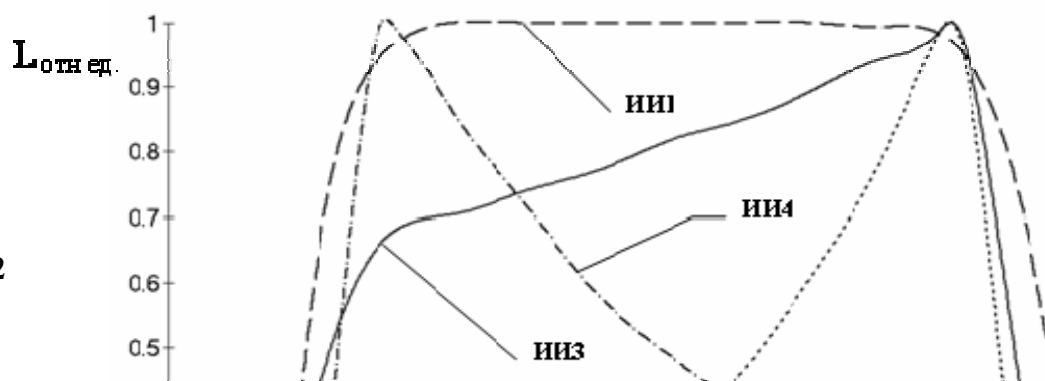


Рис. 3.- Распределение яркости в сечении выходной апертуры при различных положениях источников излучения.

Рис. 4. Распределение яркости в сечении выходной апертуры при установке бленды и различном расположении источников излучения, длина бленды – 60мм, диаметр – 50мм.

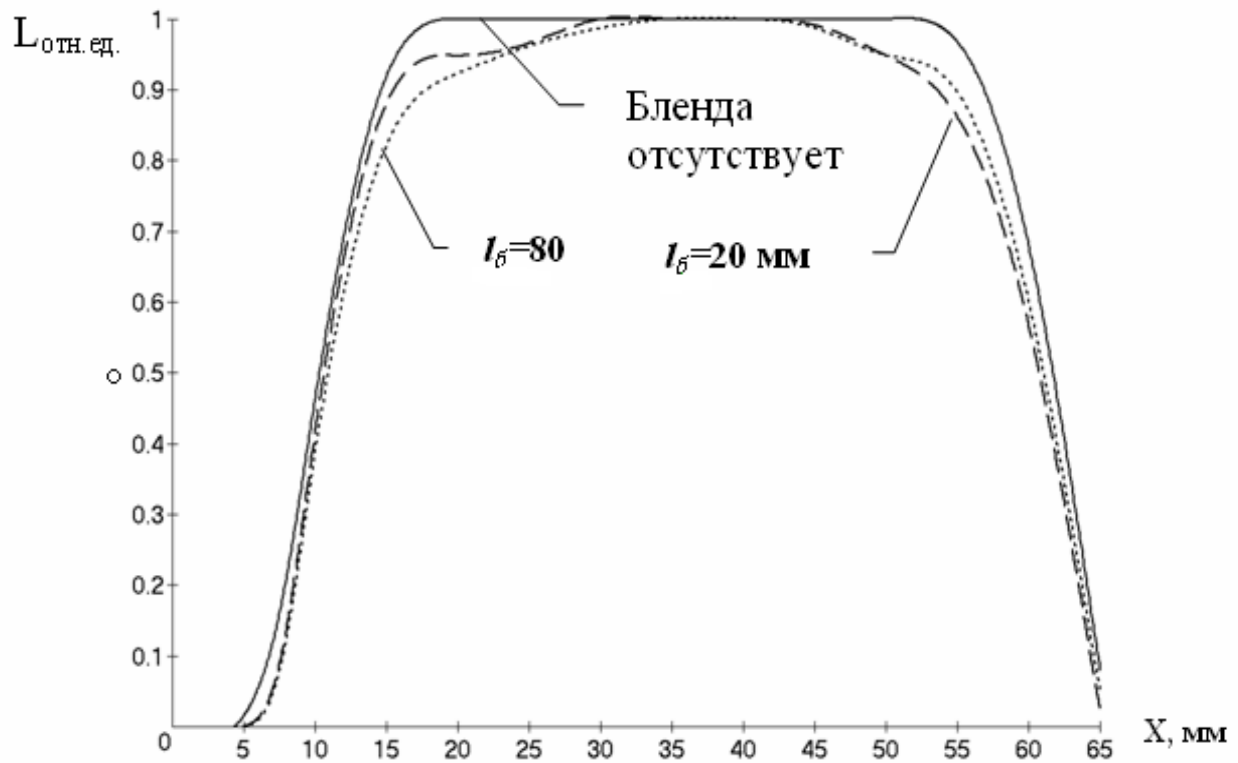


Рис. 5. Распределение яркости в сечении выходной апертуры в зависимости от длины бленды l_b при использовании источника излучения ИИ1 с экраном.

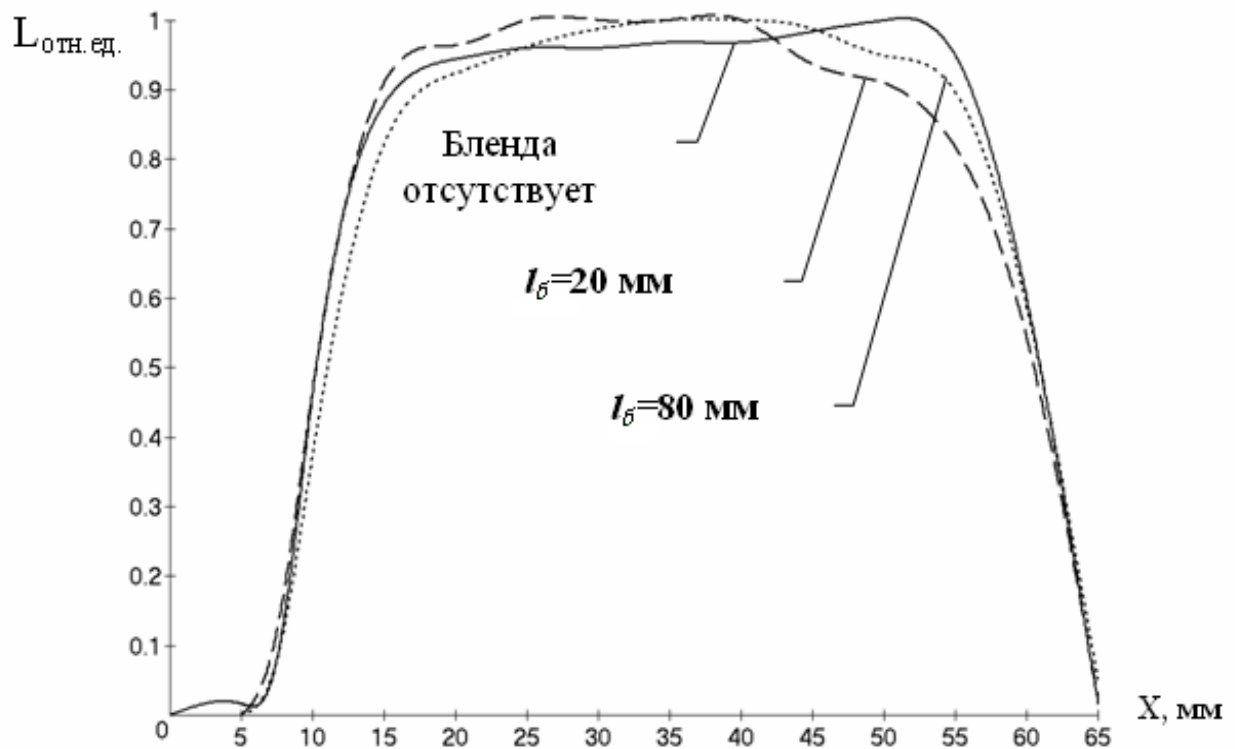


Рис. 6. Распределение яркости в сечении выходной апертуры в зависимости от длины бленды l_b при использовании источника излучения ИИ3 с экраном.

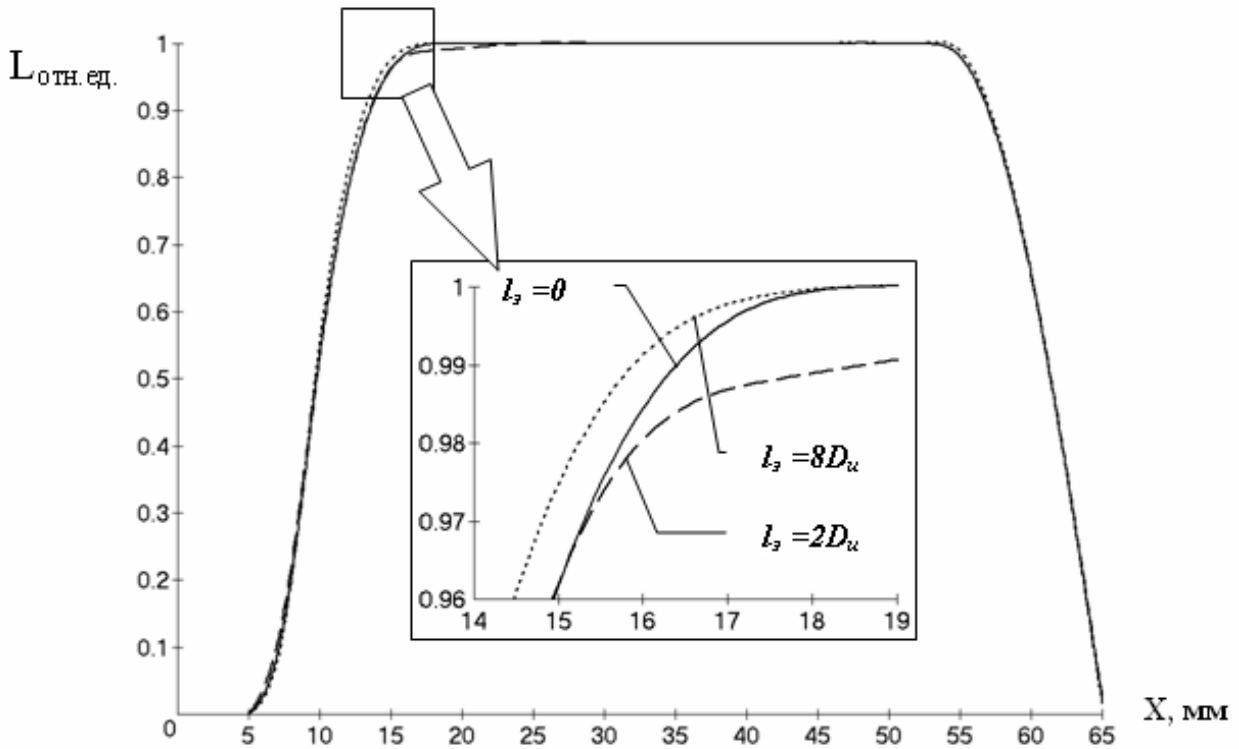


Рис. 7. Распределение яркости в выходной апертуре в зависимости расстояния от экрана до источника излучения l_3 при использовании источника излучения ИИ1 и диаметра выходной апертуры D_u .

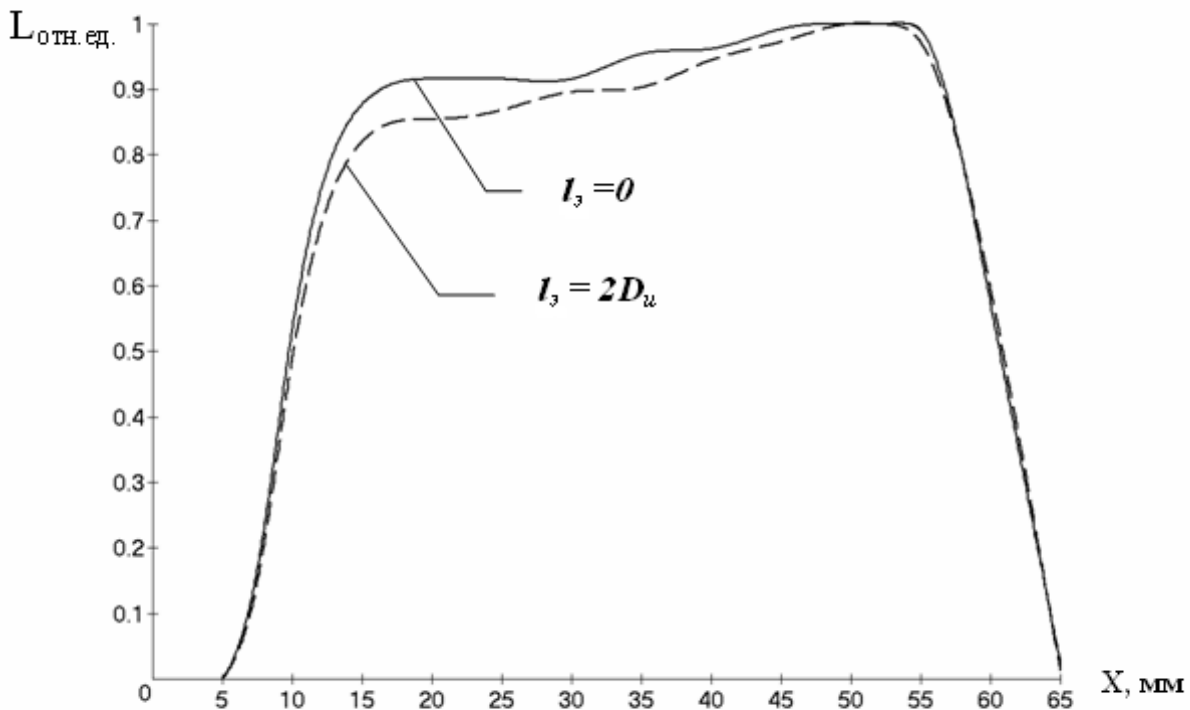


Рис. 8. Распределение яркости в выходной апертуре в зависимости от положения экрана относительно источника излучения l_3 при использовании источника излучения ИИ2 и диаметра выходной апертуры D_u .

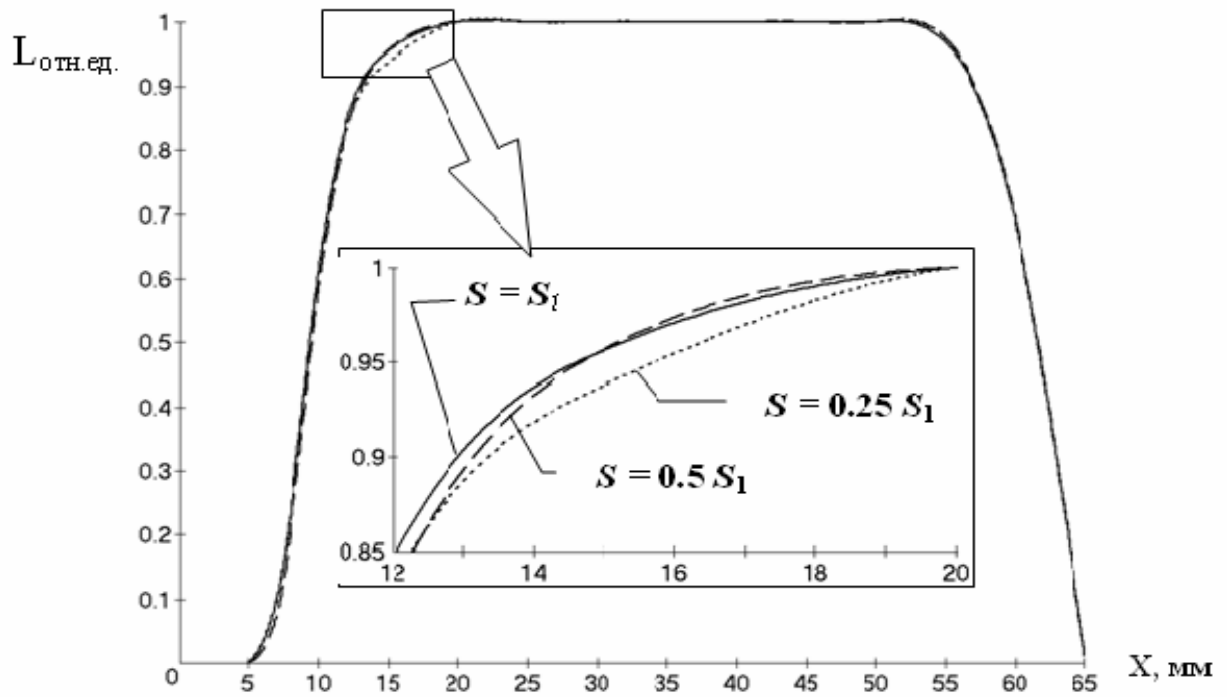


Рис. 9. Распределение яркости в выходной апертуре в зависимости от площади зеркальной наклейки S , установленной на поверхности интегрирующей сферы, площадь наклейки $S_1 = 14400 \text{ мм}^2$, используемый излучатель - ИИ1.

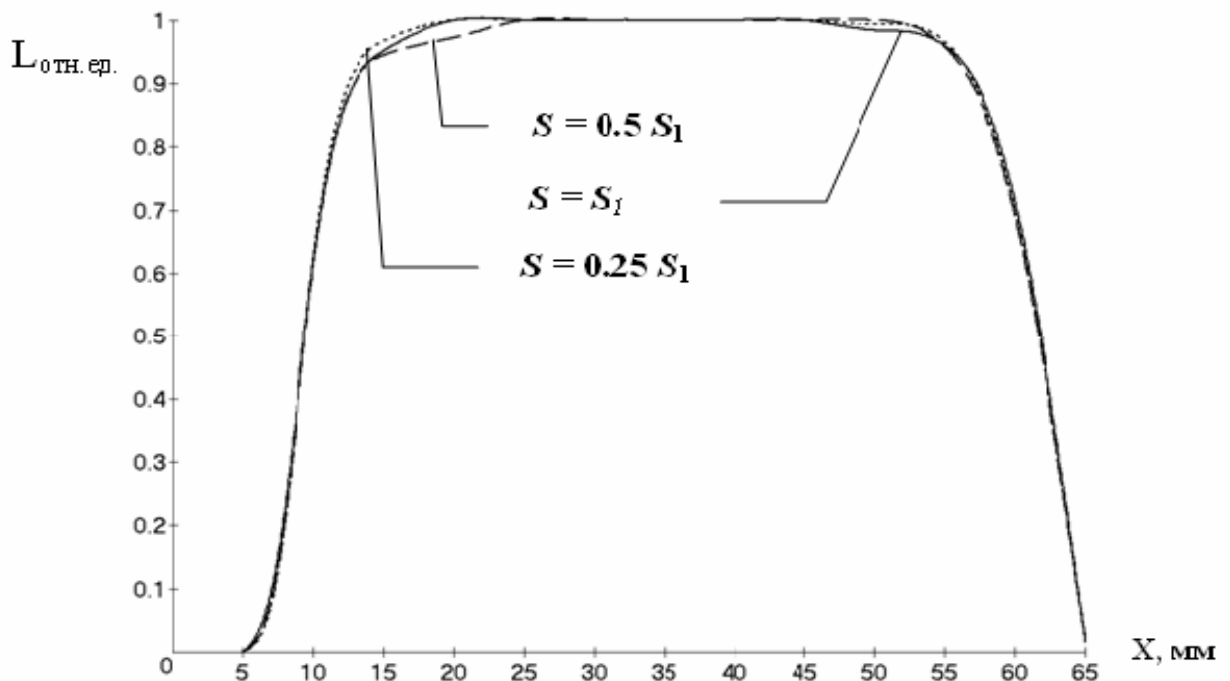


Рис.10. Распределение яркости в выходной апертуре в зависимости от площади поглощающей наклейки S , установленной на поверхности интегрирующей сферы, площадь наклейки $S_1 = 14400 \text{ мм}^2$, используемый излучатель ИИ1. Узлы крепления источников излучения, экраны и бленды покрывались тем же составом, что и поверхность сферы.

Для измерения распределения яркости в плоскости выходной апертуры использовался ФЭМ, который перемещался на направляющих с отклонением не более 0.05 мм в плоскости перпендикулярной оптической оси ДИ. Координата ФЭМ считывалась при помощи индикатора часового типа с ценой деления 10 мкм.

Линейное увеличение фотоэлектрического канала составляло 21х, а приведенное к плоскости предмета поле зрения могло изменяться в диапазоне от 0.1 до 1.0 мм при помощи сменных полевых диафрагм, которые устанавливались перед приемником излучения.

В качестве приемника излучения был применен измерительный фотодиод ФД-24К с большим динамическим диапазоном: предел линейности равен 20 мА при темновом токе 0.01 мА. ФЭМ был оснащен визуальным каналом с видимым увеличением 147х, который существенно упрощал процесс наведения ФЭМ на плоскость выходной апертуры ДИ.

Регистрация фототока производилась цифровым микроамперметром с ценой деления 0.1 мкА при линейном диапазоне 20 мА. В экспериментах величина фототока не превышала 200 мкА, а суммарная погрешность была в пределах 7 %.

Данная конструкция экспериментальной установки позволяла исследовать влияние следующих факторов на распределение яркости по диаметральному сечению выходной апертуры ДИ:

- характера расположения источников излучения относительно выходной апертуры;
- формы и размеров экранов, расположенными перед источниками излучения;
- установки бленды различной длины в выходной апертуре;
- локальное изменение характеристик внутреннего покрытия ИС.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Проведенные в работе экспериментальные данные представлены на Рис. 3 – 10. Так как основной задачей исследования ДИ являлось осуществление сравнительного анализа факторов, которые влияют на формирование яркостного поля выходной апертуры, то измерения проводились в относительных величинах.

Выводы

1. Частичное попадание в выходную апертуру ДИ первичного излучения от галогенных ламп, приводит к значительной неравномерности яркостного поля. Особенно заметно эта неравномерность проявляется в плоскости, перпендикулярной той, в которой установлены источники излучения. В этом случае ДИ становится практически непригодным для прецизионных измерений (Рис. 3).

2. Установка бленды в выходной апертуре ДИ практически полностью исключает зависимость распределения яркости от расположения источников излучения, но само распределение яркости при этом становится неравномерным и приближается по форме к косинусоидальной кривой (Рис. 4 – 6).

3. Если первичная засветка выходной апертуры ДИ отсутствует, то равномерность распределения яркости, особенно при большом количестве источников излучения, симметрично расположенных относительно выходной апертуры, существенно повышается. В этом случае установка бленды является нецелесообразной и приводит только к уменьшению яркости (Рис. 7).

4. Наиболее эффективной мерой повышения равномерности яркостного поля является установка экранов перед источниками излучения. Размер экрана должен быть таким, чтобы его тень перекрывала примерно на 5 – 10 % площадь выходной апертуры (Рис. 7 – 8).

5. Увеличение расстояния между источником излучения и экраном требует пропорционального увеличения размеров экрана. При этом яркость ДИ снижается при неизменной равномерности ее распределения (Рис. 7).

6. Локальное увеличение коэффициента отражения внутреннего покрытия ИС практически не изменяет ни выходной яркости, ни равномерности ее распределения. Это подтверждено многочисленными экспериментами, когда внутри ИС закреплялись наклейки из алюминиевой фольги т.п. Это объясняется, во-первых, эффективным интегрированием оптического потока, которое осуществляет ИС и, как следствие, нивелированием локальных неоднородностей. А во-вторых, тем, что коэффициент отражения основного покрытия, как и алюминиевой фольги, близок к единице (Рис. 9).

7. Введение локальных областей с малым коэффициентом отражения также мало изменяет распределение яркости, которое остается достаточно равномерным. Такие области, например, в виде наклеек из черного бархата на внутренней поверхности ИС, только уменьшают выходную яркость пропорционально суммарной площади этих областей. Это объясняется поглощением оптического излучения и, по сути, выводом его части из объема ИС (Рис. 10).

Дальнейшим направлением работы является экспериментальное исследование диффузных излучателей переменной яркости на основе сопряженных интегрирующих сфер.

Литература

1. Колобродов В. Г., Микитенко В. І., Міхєєнко Л. А. Стендова апаратура для вимірювання енергетичних характеристик оптико-електронних пристроїв космічного базування. // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. — 2003. - №3. — с. 98- 104.
2. Воропай Е. С., Торпачев П. А. Техника фотометрии высокого амплитудного разрешения. — Минск: Университетское, — 1988.

3. Михеенко 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.
4. Сахновский М. Ю., Гуминецкий С. Г., Кравцов В. Е. и др. Об особенностях измерения потока излучения светодиодов с помощью фотометрического шара.// Оптика и спектроскопия.— 1979.- т.46, вып.3.— с. 515- 523.
5. Михеенко Л. А., Боровицкий В. Н. Осветительный канал цифрового микроскопа на базе диффузного излучателя.// Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 2006. – с. 20- 27.

Міхеєнко Л.А., Боровицький В.М., Гордієнко Ю.О. Експериментальне дослідження дифузного випромінювача на основі інтегруючої сфери. У роботі представлені методика та апаратура для вимірювання розподілу яскравості у площині вихідної апертури дифузного випромінювача на основі інтегруючої сфери. Виконаний аналіз експериментальних даних про розподіл яскравості та сформульовані рекомендації щодо вибору оптимальних параметрів дифузного випромінювача.	Mikheenko L., Borovytsky V., Gordienko Y. Experimental studying of diffusive light source based on integration sphere. The paper represents the technique and instrumentation for measurement of brightness distribution throughout an output aperture of the diffusive light source based on an integration sphere. The analysis of experimental data of brightness distribution is done and recommendations for optimal parameters selection are formulated for the diffusive light source are formulated.
--	---

*Надійшла до редакції
10 червня 2006 року*

УДК 535.317.6

АНАСТИГМАТЫ С ДВОЙНЫМ ЗЕРКАЛОМ, ИМЕЮЩИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЕ ПРОМЕЖУТОЧНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ

*Артюхина Н.К., Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Рассмотрены четырехзеркальные анастигматы с плоским полем, в которых два зеркала объединены в моноблок. Приведен расчет конструктивных параметров, исследован вопрос защиты плоскости изображения от постороннего света. Объективы могут использоваться в космической оптике и оптических приборах, работающих в УФ и ИК областях спектра

Введение. Схемные решения

Зеркальные оптические системы находят самое широкое применение в различных областях народного хозяйства. Достаточным числом коррекционных параметров обладают четырехзеркальные схемы, которые позволяют не только исправить четыре основных аберрации: сферическую, кому, астигматизм, кривизну изображения, но и получить удобное положение плоскости приемника изображения в отличие от двух- и трехзеркальных. При