

- 
4. D.J. Smith. Reliability, Maintainability and Risk. Practical methods for engineers. London: Elsevier, 2005, 365 p.
  5. O. Solomentsev, M. Zaliskyi, O. Zuiev. Questions of radioelectronic equipment diagnostics programs efficiency analysis. Jachranka Village, Poland: Signal Processing Symposium 2013 (SPS 2013), Proceedings, June 5-7, 2013
  6. O. Solomentsev, M. Zaliskyi, M. Asanov, O. Zuiev. Data Processing in Exploitation System of Unmanned Aerial Vehicles Radioelectronic Equipment. Jachranka Village, Poland: Signal Processing Symposium 2013 (SPS 2013), Proceedings, June 5-7, 2013
  7. R.E. Barlow, F. Proschan. Mathematical Theory of Reliability. New York: John Wiley and Sons, 1965.

**Яшанов І.М.**

### **ОПТИМІЗАЦІЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ В СИСТЕМАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НАЗЕМНИХ ЗАСОБІВ РАДІОТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

*Наведено аналітичні співвідношення для розрахунку числових значень параметрів виконання контрольних операцій з оцінки відповідності вимогам в системах експлуатації для декількох варіантів задач оптимізації заданої критеріальної функції.*

**Ключові слова:** системи експлуатації, надійність радіотехнічного забезпечення, оптимізація

**Yashanov I.**

### **OPTIMIZATION OF RELIABILITY PARAMETERS IN EXPLOITATION SYSTEMS OF GROUND BASED RADIO ELECTRONIC EQUIPMENT**

*It is resulted analytical parities for calculation of numerical values of parameters of performance of control operations from an estimation of conformity to requirements in systems of maintenance for several variants of problems of optimization prescribed criterial function.*

**Keywords:** system of exploitation, reliability of radio electronic equipment, optimization.

УДК 656.71.06:629.7.08 (045)

**Терещенко Л.Ю.**

### **ПОСТРОЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПОЛУЧЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ ОБЪЕКТОВ КОНТРОЛЯ**

*Рассмотрены аналитические модели получения оптического изображения внутренней структуры объектов контроля и на их основе проанализированы изменения, которые приобретают изображения в зависимости от параметров системы визуализации и типа источников излучения*

**Ключевые слова:** аналитические модели, объекты контроля, визуализация внутренней структуры, типы источников излучения.

**Постановка проблемы.** Разработчики технических средств для службы авиационной безопасности стремятся постоянно повышать эффективность этих средств. Имеется ввиду – повышение достоверности обнаружения полезных сигналов из смеси с шумами. Процесс обнаружения основан на применении статистических и фильтрационных методов обработки сигналов, а также методов электронного моделирования с использованием современных информационных технологий.

В процессе облучения объекта контроля (ОК) рентгеновскими лучами, можно получить тень внутреннего изображения ОК, которая характеризует его внутреннюю структуру и свойства. Имеется в виду прозрачность, полупрозрачность и непрозрачность вещества для рентгеновского излучения. Как правило тень ОК может быть размытой или расфокусированной. Это приводит к усложнению задачи обнаружения опасного ОК в службах авиационной безопасности (САБ). В результате возможен пропуск опасного ОК при его объективном наличии, или ложная тревога (ложное обнаружение) при условии, что опасного ОК нет. В обоих случаях возможны непроизводительные затраты материальных и временных ресурсов, что отрицательно сказывается на безопасности и регулярности процессов перевозки пассажиров и грузов.

В настоящее время при правильном использовании интроскопов, которыми оснащены аэропорты, вероятность правильного обнаружения составляет 0,99. Поэтому в большей степени проблема заключается в уменьшении уровня ложных срабатываний системы, которая состоит из технических средств и персонала.

Построения моделей теней ОК разной формы после рентгеновского облучения даст возможность иметь базу ОК для дальнейшей их обработки в том числе с использованием методов фильтрации.

**Анализ последних исследований и публикаций, выделения нерешенных ранее частей общей проблемы.** Моделирование внутренней структуры ОК простых и сложных форм с использованием точечного источника излучения по центру, а также с использованием смещенного точечного источника облучения, рассмотрены в работах [1-3]. Спектральный анализ этих ОК приводится в работах [4,5].

**Формирование цели статьи (постановка задачи).** Целью статьи является разработка аналитических моделей ОК сложной формы путём формирования многомерных теней для дальнейшей их обработки.

**Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. Разработка математического аппарата.** При реализации методов прямой визуализации выполняются такие основные операции: облучение ОК первичным излучением (в случае активного метода); прием вторичного излучения (рассеянного или того, которое прошло сквозь объект); преобразование данных в электрические сигналы; обработка и преобразование электрического сигнала в оптический. Тогда такие системы будут представляться одной обобщенной схемой: Источник излучения → ОК → Преобразователь излучения в электрический сигнал → Преобразователь электрического сигнала в оптическое изображение [2, 3].

Высокую точность визуализации дают источники электромагнитного излучения (ЭМИ) рентгеновского диапазона, которые рассмотрены в данной статье. Полученные результаты применимы и для источников других диапазонов: субмиллиметрового, миллиметрового, инфракрасного, при выполнении условия линейного распространения ЭМИ (размеры локальных неоднородностей должны быть значительно меньше длины волны). Для упрощения описания визуализированной структуры ОК примем ее двумерной. Примем, что действительное пространственное распределение параметра описывается функцией  $f(x, y)$ , которую будем считать функцией исходного (начального) изображения ОК. На индикаторе трансмиссионной интроскопической системы получают оптическое изображение  $g(\xi, \eta)$ , которое отличается от исходного и является распределением яркости изображения [1, 2]

$$g(\xi, \eta) = \iint_{xy} f(x, y)h(\xi, \eta, x, y) dx dy + n(\xi, \eta),$$

где  $h$  – оператор преобразования;  $x, y$  – пространственные координаты ОК;  $f(x, y)$  – настоящее пространственное распределение визуализированного параметра, который является заранее заданным для разрабатываемых моделей;  $\xi, \eta$  – координаты трехмерного оптического изображения внутренней структуры ОК;  $n(\xi, \eta)$  – шумы в тракте обработки

---

---

сигналов с заданным распределением вероятности;  $h(\xi, \eta, x, y)$  – оператор, или аппаратная функция, описывает диаграммы направленности источника и приемника излучения.

Аппаратная функция зависит от геометрических параметров источника излучения, которым облучается ОК. Геометрия пучка излучения, а как следствие и аппаратная функция значительно влияет на разделительную способность детектора. Вследствие неидеальности аппаратной функции  $h(\xi, \eta, x, y)$  оптическое изображение  $g(\xi, \eta)$  получается искаженным: с измененными пропорциями, размытым (дефокусированным). Именно эти искажения для ОК разнообразной геометрической формы наглядно демонстрируются в разрабатываемых в работе моделях просвечивания объектов. Эти искажения являются недостатками современной досмотровой техники. Для их устранения возможно использование двух принципиально различных путей.

Первым является попытка получить аппаратную функцию  $h(\xi, \eta, x, y)$  как можно ближе к идеальной.

Вторым способом является преобразование функции  $g(\xi, \eta)$  для восстановления (формирования) исходного (начального) изображения  $f(x, y)$  с помощью математических операций. Это осуществляется цифровой обработкой сигналов в ЭВМ (электронно-вычислительные машины).

Для осуществления последнего метода необходимо предусмотреть математические описания процессов, вызывающих неидеальность весовой функции. В работе описаны математические процессы, которые происходят во время преобразования исходного изображения  $f(x, y)$  в оптическое  $g(\xi, \eta)$  для ОК определенной известной геометрической формой (с известным пространственным распределением визуализированного параметра  $f(x, y)$ ).

Каждый ОК имеет множество параметров, характеризующих его структуру: плотность, сопротивление и др. В общем случае, действительное пространственное распределение определенного параметра является трехмерным  $(x, y, z)$ . Однако для аналитического описания моделей сделаем некоторые упрощения и зададим функцию действительного пространственного параметра следующим образом: предположим, что существует некоторая функция  $f(x, y)$ , которая в объеме, ограниченном графиком этой функции, имеет действительный пространственный постоянный параметр  $\alpha$ . За пределами этого объема  $\alpha = 0$ .

### **Получения изображения внутренней структуры ОК сложной формы**

Рассмотрим получения оптического изображения объекта контроля, изготовленного из нескольких материалов при использовании точечного источника излучения.

Оптическое изображение ОК будем формировать при варьировании параметров системы визуализации, геометрических параметров ОК и набора коэффициентов затухания излучения в материале ОК.

Рассмотрим пример, когда ОК представляет собой шар, изготовленный из материала, который имеет коэффициент затухания излучения  $\alpha_1$ . В середине этого шара расположен второй шар, который имеет меньший диаметр и изготовлен из материала, имеющего коэффициент затухания  $\alpha_2$ . Центры обоих шаров совпадают.

Зададим параметры системы визуализации в среде *MathCad*

$$k = 10; c = 7; d1 = 3; d2 = 1; a1 = 2; a2 = 0,$$

где  $k$  - расстояние от источника излучения до экрана;  $c$  - расстояние от источника излучения до ОК;  $d1$  - диаметр большего шара;  $d2$  - диаметр меньшего шара;  $\alpha_1$  - коэффициент затухания излучения в материале большего шара;  $\alpha_2$  - коэффициент затухания излучения в материале меньшей шара.

Если  $\alpha_2 = 0$ , то рассматривается случай, когда в середине шара диаметром  $d1$  присутствует полость диаметром  $d2$ .

Таким образом, распределение действительного коэффициента затухания имеет вид

$$\begin{aligned} X1(i, j) &= (\sin(j)\cos(i))d1, \quad Y1(i, j) = (\sin(j)\sin(i))d1; \\ Z1(i, j) &= d1\cos(j), \quad X2(i, j) = (\sin(j)\cos(i))d2; \\ Y2(i, j) &= (\sin(j)\sin(i))d2, \quad Z2(i, j) = d2\cos(j) \end{aligned}$$

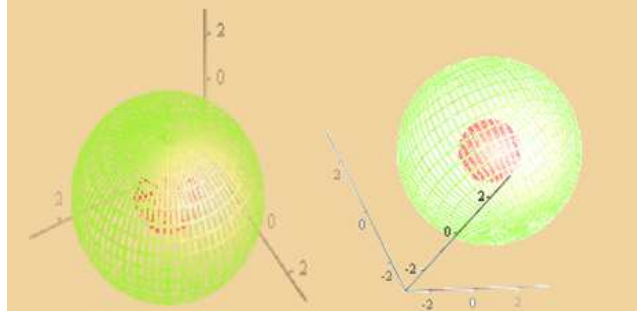


Рис. 1. Модель ОК в виде двух шаров с одинаковыми центрами

По следующим формулам вычисляется гипотетическое распределение визуализированного параметра с логарифмическим усилением

$$b(x, h) = \text{angle}(x, h); \quad X2(x, h) = \sqrt{x^2 + h^2}; \quad AD1 = \frac{k \frac{d1}{2}}{c + \frac{d1}{2}};$$

$$ab(x, h) = \begin{cases} 2 \sqrt{\left(\frac{d1}{2}\right)^2 - \frac{c^2 |x2(x, h)|^2}{k^2} \left(\sin\left(\frac{P}{2} - a \tan\left(\frac{X2(x, h)}{k}\right)\right)\right)^2} & \text{if } -AD1 \leq X2(x, h) \leq AD1; \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

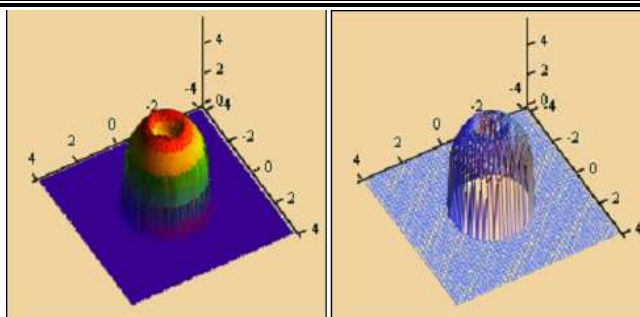
$$AD2 = \frac{k \frac{d2}{2}}{c + \frac{d2}{2}};$$

$$as(x, h) = \begin{cases} 2 \sqrt{\left(\frac{d2}{2}\right)^2 - \frac{c^2 |x2(x, h)|^2}{k^2} \left(\sin\left(\frac{P}{2} - a \tan\left(\frac{X2(x, h)}{k}\right)\right)\right)^2} & \text{if } -AD2 \leq X2(x, h) \leq AD2; \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

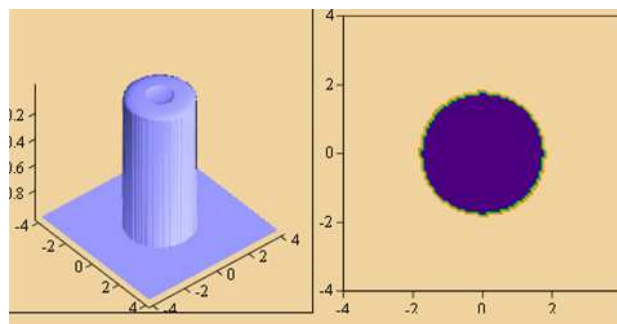
$$\alpha(x, h) = ab(x, h)a1 + as(x, h)(a2 - a1).$$

Функцию, которая соответствует распределению интенсивности принятого излучения, получим по следующей формуле

$$d(x, h) = e^{-\alpha(x, h)}.$$

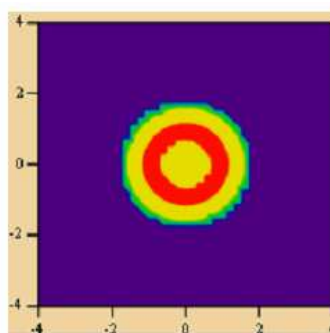


*Рис. 2. Изображение внутренней структуры сложного ОК с заданными параметрами, в трехмерном виде*



*Рис. 3. Оптические изображения ОК выполнены относительно псевдоцветовой шкалы в случае без логарифмического усиления*

Если подвергнуть проекционное изображение ОК логарифмированию, то оптическое изображение получается более чётким (рис.4).



*Рис. 4. Оптические изображения при логарифмическом усилении*

**Выводы и перспектива дальнейшей работы по данному направлению.** Полученные выражения и программы формирования многомерной тени полупрозрачных ОК позволяют моделировать процессы визуализации внутренней структуры ОК в трансмиссионных интроскопических системах. Моделирование показывает, что простые тела имеют тени с переходными характеристиками, полутенями, искажениями типа кратера там, где вообще плоские облучаемые поверхности. Изменение ракурса облучения значительно меняет вид тени. Процесс моделирования становится более сложным и имеет больше искажений, когда облучаются сложные тела. Для достоверного обнаружения предполагаемых ОК необходимо автоматизировать процесс распознавания теней с учетом возможных соотношений расстояний между источником, ОК и экраном-приемником, ракурсов облучения и др.

Описанные методы применимы в визуализационных процессах лучевого приближения, то есть без дифракционных, интерференционных явлений.

---

Полученные модели теней ОК дают возможность дальнейшей обработки этих теней ОК с применением различных методов фильтрации, для повышения эффективности работы служб авиационной безопасности.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Семенов А.А. Теоретичні основи та принципи побудови технічних засобів САБ: Навч. посібник. –К.:Вид-во НАУ, 2001. –214 с.
2. Семенов А.А., Мелкумян В.Г. Технічні засоби САБ: Навч.посібник. –К.: Вид-во НАУ, 2000. – 174 с.

**Терещенко Л.Ю.**

#### **ПОБУДОВА АНАЛІТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ОТРИМАННЯ ОПТИЧНОГО ЗОБРАЖЕННЯ ВНУТРІШНЬОЇ СТРУКТУРИ ОБ'ЄКТІВ КОНТРОЛЮ**

*Розглянуто аналітичні моделі отримання оптичного зображення внутрішньої структури об'єктів контролю та на їх основі проаналізовано спотворення, які набувають зображення в залежності від параметрів системи візуалізації та типу джерел випромінювання*

**Ключові слова:** аналітичні моделі; об'єкти контролю; візуалізація внутрішньої структур; типи джерел випромінювань.

**Tereschenko L.**

#### **CONSTRUCTION OF ANALYTICAL MODELS OF OBTAINING IMAGE OF INTERNAL STRUCTURE OF CONTROLLED OBJECTS**

*The analytical models of optical image of control object's internal structure obtaining were considered, and on their basis distortions, appearing in image depending on visualization system's parameters and emitting source type, were analyzed.*

**Keywords:** analytical models, the objects of control, visualization of the internal structure, the types of radiation sources.