

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРИ ЛАЗЕРНОМ ЗОНДИРОВАНИИ ПОВЕРХНОСТИ

© 2009 Н. А. Сазонникова

Самарский государственный аэрокосмический университет

Рассмотрены преимущества лазерных методов зондирования поверхности для обнаружения и распознавания объектов различных классов. Показаны пути повышения эффективности распознавания объектов и элементов их поверхности

Лазерное зондирование поверхности, вероятность обнаружения, отражательные характеристики

В настоящее время широкое применение находят оптические методы контроля качества изделий машиностроения и массового производства благодаря их бесконтактности, высокой информативности, быстродействию, возможности работы в реальном масштабе времени. Лазерные диагностические системы применяются в России и за рубежом для контроля качества в производстве изделий машиностроения, авиационной космической техники, автомобилестроения, приборостроения, для выявления поврежденных нефте- и газопроводов и скважин и др. [1-4]. Лазерно-электронные системы применяются для дистанционного зондирования поверхности Земли с пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов, а также в наземных комплексах для обнаружения и распознавания космических объектов [1-4]. Подобные системы широко применяются для диагностики состояния биотканей и решения задач экологического контроля.

Для решения данного круга задач применяются лазерные системы следующих классов: сканирующие системы с определением величины отраженного и диффузно рассеянного излучения, сканирующие системы с формированием изображения, системы с применением линзового растра, получение профиля поверхности методом светового сечения, определения динамических параметров рассеяния с помощью матрицы Мюллера, исследование спектральной зависимости отражательной способности, определение отражательной способности при зондировании поверхности импульсным излучением различной длительности, а также при различных углах падения излучения для идентификации фона и др. Приведены

методы решения обратных оптических задач с целью получения пространственных и временных характеристик рассеивающих и отражающих поверхностей. Рассмотрены задачи рассеяния лазерного пучка на неровной поверхности в турбулентной атмосфере. Получено простое приближенное выражение для средней интенсивности в поперечном сечении лазерного пучка для неоднородной трассы распространения излучения и гауссовой модели лазерного пучка.

Для повышения эффективности обнаружения и распознавания объектов при дистанционном зондировании лазерно-электронной системой необходимо учитывать влияние параметров лазерной подсветки (мощности, длины волны излучения, диаметра пятна, угла падения излучения, частоты повторения импульсов) на величину зарегистрированного сигнала.

Предложено в качестве критерия эффективности лазерно-электронной системы дистанционного зондирования поверхности рассматривать вероятность распознавания объектов и элементов их поверхности по совокупности диагностических параметров (форма, характерные геометрические размеры, материал и температура поверхности).

Существующие системы дистанционного зондирования в основном предназначены для обнаружения и обеспечивают вероятность распознавания по совокупности параметров на уровне 30...40%.

Необходимо также определить отдельно зеркально отраженную и диффузную составляющие сигнала в зависимости от параметров подсветки и отражающей поверхности – характерного размера элемента поверхности, удаления от источника из-

лучения, шероховатости поверхности. На рис. 1 приведена структурная схема лазерно-электронной системы дистанционного зондирования поверхности.

Величина сигнала на выходе системы определяется выражением:

$$U(t) = P_A(t) \otimes G_{AO}(t) \otimes G_O(t) \otimes G_{OB}(t) \otimes G_{ФПУ}(t), (1)$$

где $P_A(t)$ – характеристика источника излучения; $G_{AO}(t)$, $G_{OB}(t)$ – характеристики каналов среды на участках «источник – объект» и «объект – фотоприемное устройство»; $G_O(t)$ – характеристика объекта; $G_{ФПУ}(t)$ – характеристика фотоприемного устройства; \otimes – оператор свертки.



Рис. 1. Структурная схема лазерно-электронной системы дистанционного зондирования поверхности

Анализ зависимости (1) показывает, что изобразительные характеристики системы могут быть улучшены путем оптимизации передаточных характеристик звеньев системы (в существенной степени – соответствующим выбором характеристик источника излучения). Практическое значение оптической передаточной функции заключается в том, что она позволяет прогнозировать возможности обнаружения распознавания различных объектов данной системой.

Эффективность системы обнаружения оценивается вероятностью правильного распознавания объектов по сочетанию диагностических параметров системы [5]:

$$P = \frac{m \sum_{i=1}^m r_i}{\sum_{j=1}^m R_j} \quad (2)$$

где m – количество классов объектов в статистической выборке; r_i – количество правильно классифицированных элементов i -го класса в статистической выборке; R_i – количество элементов i -го класса в статистической выборке, и целевой функцией распознавания

$$F(P) = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m P_i \quad (3)$$

на рассматриваемом наборе диагностических параметров.

При этом критерием оптимизации является максимум вероятности распознавания объектов при оптимальном разбиении пространства признаков за счет модуляции параметров лазерной подсветки. По каждому из признаков определяется пороговая величина сигнала. Распознавание по каждому из признаков осуществляется по критерию Байеса [1]. Определяется отношение правдоподобия и сравнивается с пороговым значением. Если это отношение больше единицы, принимается решение о наличии этого признака. В противном случае этот признак отсутствует у объекта.

Для повышения эффективности лазерно-электронных систем обнаружения и распознавания подвижных и неподвижных объектов необходимо не только определить форму объектов, но и ряд других диагностических параметров: вид материала, состояние поверхностного слоя, его температуру. Наиболее актуальной является задача достоверного обнаружения и распознавания объектов сложной формы, изготовленных из широкого класса материалов, причем вид материала поверхностного слоя может быть неизвестен. Для решения данной задачи требуется создание информационно-измерительной системы с достаточным числом информационных каналов, которые могут быть получены при использовании источника направленного когерентного излучения. Существующие системы зондирования поверхности и распознавания объектов предназначены в основном для распознавания объек-

тов по их форме без учета состояния поверхностного слоя [1-3].

Разработана математическая модель оптико-электронной системы наблюдения с использованием лазерной подсветки с учетом параметров состояния среды, длины волны и режимов генерации излучения и определены характеристики отраженного сигнала, полученного с ее применением.

Предлагаемая модель описывает особенности формирования изображений (интенсивности в плоскости изображения) с учетом формы неровностей, т. е. без усреднения формы и размеров неровностей для анализа границ изображения и рельефа поверхности, оценки возможности регистрации и достоверности распознавания рельефа поверхности с учетом характеристик зондирующей системы. Зондирующая система описывается следующими параметрами: мощность, длина волны, степень пространственной когерентности источника излучения, возможность модуляции длины волны и мощности излучения для исследования отражательных характеристик в заданном диапазоне длин волн, длительность импульса и возможность ее модуляции, угол падения излучения источника, схема зондирования (моностатическая, бистатическая) [1,2].

Исследуемая поверхность характеризуется следующими параметрами: форма элементов поверхности (варианты рельефа описываются конечным набором простых геометрических форм, окружность и дуга аппроксимируются ломаными линиями), отражающая способность, индикатриса рассеяния, характеризующая микронеровности поверхности, ориентация относительно зондирующего пучка. В данной модели учитывается переотражение излучения в элементах поверхности. Величина отраженного сигнала определяется соотношениями:

$$\frac{W_2}{W_0} = A^{n-1} \frac{(x_{обп} - (x - B_1 / \cos \alpha)) (x_2' - x_1' + \Delta_1')}{B_1 / \cos \alpha (x_2' - x_1')} \quad (11)$$

при $\Delta_1' < 0, \Delta_1'' > 0,$ (11)

$$\frac{W_2}{W_0} = A^{n-1} \frac{(x - x_n) (-\Delta_1')}{B_1 / \cos \alpha (x_2' - x_1')}$$

при $\Delta_1'' < 0, \Delta_2'' > 0,$ (4)

где n – число преотражений в элементах поверхности.

Величины $\Delta_1', \Delta_1'', \Delta_2''$ определяются из условия попадания излучения на приемный объектив:

$$\Delta_1' = x_1' - x - (tg \alpha - tg \beta_n)(H_1 - 0,5B_1 \sin \alpha), \quad (5)$$

$$\Delta_1'' = x_1' - x + B_1 / \cos \alpha - (tg \alpha - tg \beta_n)(H_1 - 0,5B_1 \sin \alpha), \quad (6)$$

$$\Delta_2'' = x_2' - x + B_1 / \cos \alpha - (tg \alpha - tg \beta_n)(H_1 - 0,5B_1 \sin \alpha). \quad (7)$$

Основными критериями подобия при рассмотрении процесса отражения излучения от поверхности и оценке величины отраженного сигнала являются [7]:

$$1. K_3 = K_1 / K_2 = \frac{S}{\lambda} \quad (8)$$

- характеристика дефекта (элемента поверхности), независимая от параметров оптической системы.

2. n – параметр, численно равный количеству переотражений излучения в элементе поверхности при целых его значениях. Этот параметр является интегральной характеристикой элемента поверхности и зависит от его геометрии (форма, размеры) и угла падения излучения. Данный параметр определяет направление распространения отраженного от поверхности излучения (модуляцию отраженного пучка по направлению распространения) и распределение интенсивности излучения в плоскости приемного устройства в зависимости от формы объекта. Выявлена периодическая зависимость амплитуды отраженного сигнала от параметра n .

$$3. K_1 = B_1 / \lambda \quad (9)$$

- параметр оптической системы, при $B_1 / \lambda > 1$ измеряется интенсивность переотраженного излучения на всех элементах поверхности с характерным размером $S / B_1 > 1$ и рассеяние на элементах микротопологии поверхности. При $B_1 / \lambda \sim 1$ измеряется интенсивность переотраженного излучения на микро- и макроэлементах топологии поверхности.

$$4. K_2 = B_1 / S \quad (10)$$

- характеризует соотношение диаметра пятна излучения на поверхности и размеров дефектов (элементов поверхности). Этот параметр определяет разрешающую способность оп-

тической системы при выявлении элементов поверхности, ведущих к переотражению излучения.

5. Показатель индикатрисы рассеяния – m . При снижении показателя индикатрисы от ∞ до 0 уменьшается разность амплитуд величины сигнала, что приводит к снижению вероятности обнаружения и распознавания объектов или элементов их поверхности.

6. Соотношение высоты наблюдения и длины когерентности источника наблюдения. Данное соотношение определяет границы применимости метода определения параметров поверхностного слоя по коэффициенту отражения импульсного излучения.

Структура отраженного сигнала и величина отдельных его составляющих зависят от соотношения характеристик зондирующего пучка и исследуемого поверхностного слоя. При этом каждая измеряемая величина соответствует отдельному информационному каналу.

Соотношение зеркальной и диффузно отраженной составляющих определяется параметром K_3 .

Наличие неровностей и неоднородностей в структуре поверхности приводит к наличию диффузной составляющей в отраженном сигнале.

Форма индикатрисы рассеивания в полярных координатах для источника с бesselевской корреляцией описывается выражением [6]

$$\chi = A \frac{k+2}{2} \cos^k \varphi, \quad (11)$$

$k = \infty$ - зеркальная поверхность,

$k = 0$ - равномерное рассеивание во все стороны.

Конфигурации для индикатрисы рассеяния в соответствии с зависимостью (7) представлены на рис. 2.

При этом полная величина мощности (энергии) лазерного излучения определяется площадью, ограниченной кривой индикатрисы в полярных координатах в диапазоне от 0 до π . Величина мощности или энергии, попадающей на приемный объектив, определяется площадью, заключенной в угле, соответствующем числовой апертуре приемного объектива:

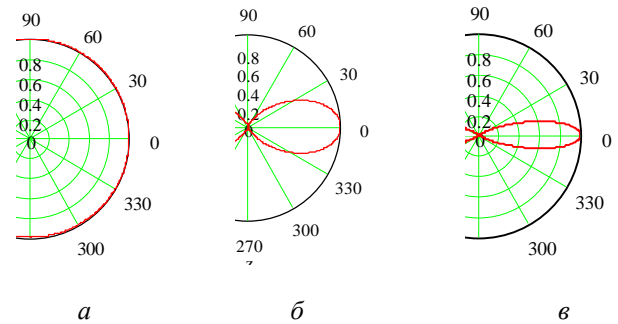


Рис. 2. Зависимость конфигурации индикатрисы рассеяния от безразмерного параметра k : $k = 0$ (а); 4 (б); 20 (в)

Величина числовой апертуры приемного объектива определяется выражением

$$\theta/2 = \arctg(D/2H \sin \beta), \quad (12)$$

где β – угол установки приемного объектива, H – высота расположения приемного объектива, D – его диаметр.

Площадь, ограниченная кривой в полярных координатах, вычисляется на основе интеграла Симпсона [8] и равна

$$S = \frac{1}{2} \int_{\alpha}^{\beta} r^2(\varphi) d\varphi. \quad (13)$$

Функция $r(\varphi) = \chi$ определяется выражением (1).

Так, при $k=2$ величина мощности излучения, заключенная в интервале углов α и β составляет

$$S = \left(\frac{1}{4} \cos^3 \varphi \sin \varphi + \frac{3}{8} (\varphi + \sin \varphi \cos \varphi) \right) \Big|_{\alpha}^{\beta}. \quad (14)$$

При $k=10$

$$S = \left(18 \left(\frac{\cos^{19} \varphi \sin \varphi}{20} + \frac{19}{18 \cdot 20} \cos^{17} \varphi \sin \varphi + \frac{17}{18 \cdot 16} \cos^{15} \varphi \sin \varphi + \frac{15}{16 \cdot 14} \cos^{13} \varphi \sin \varphi + \frac{13}{14 \cdot 12} \cos^{11} \varphi \sin \varphi + \frac{11}{12 \cdot 10} \cos^9 \varphi \sin \varphi + \frac{9}{10 \cdot 8} \cos^7 \varphi \sin \varphi + \frac{7}{8 \cdot 6} \cos^5 \varphi \sin \varphi + \frac{5}{6 \cdot 4} \cos^3 \varphi \sin \varphi + \frac{3}{4 \cdot 2} (\varphi + \sin \varphi \cos \varphi) \right) \right) \Big|_{\alpha}^{\beta}. \quad (15)$$

Построены зависимости изменения величины сигнала от показателя индикатрисы рассеивания при различных значениях параметра индикатрисы (рис. 3). Увеличение высоты приемного объектива в 2 раза или снижение его диаметра в 2 раза приводят к снижению

величины зарегистрированного сигнала на 40...50 %. Поворот приемного объектива на 12° оказывает существенное влияние при значениях показателя индикатрисы $k > 3$ и приводит к снижению величины сигнала на 20% при $k=8...10$.

Зависимость величины зеркальной составляющей сигнала от геометрических характеристик элемента поверхности определена ранее [7] и приведена на рис. 4.

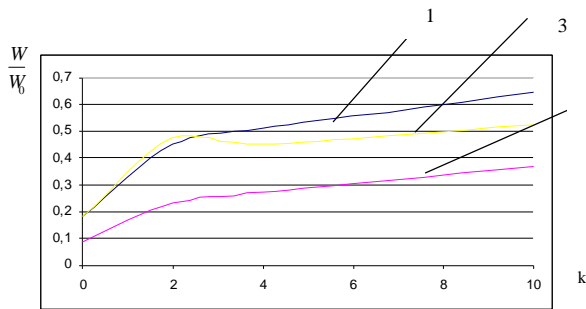


Рис. 3. Зависимость величины сигнала на фотоприемном устройстве от показателя индикатрисы и расположения приемного объектива:

1 - $D/H=1$; 2 - $D/H=1/2$; 3 - $\beta_2 \beta_2'=12^\circ$; D – диаметр фотоприемного объектива, H – высота расположения приемного объектива, β_2 – угол расположения фотоприемного объектива относительно вертикали, β_2' – угол отражения излучения от поверхности

Как видно из рис. 3 и 4, наибольший вклад в изменение величины сигнала вносит зеркальная составляющая излучения. При этом для наиболее достоверного распознавания объектов и элементов их поверхности необходимо сканирование поверхности при двух различных углах падения излучения. При этом вероятность распознавания увеличивается на 30%. Для случая выявления повреждений на шероховатой поверхности при измерении интенсивности отраженного излучения параметр оптической системы $K_1 > 1$, возможно обнаружение всех элементов поверхности (дефектов), удовлетворяющих условию $K_2 = B/S \leq 1$, параметр $K_3 > 1$ для повреждений и K_3 , стремящемся к 1 для микронеровностей поверхности (указанные значения параметра K_3 справедливы для всех измерительных систем и являются собственными свойствами элементов поверхности). Использование пространственного фильтра, формирующего пятно на поверхности с диаметром, удовлетворяющим условию $K_1 \approx 1$, позволяет осуществлять переотражение излучения на элементах поверхности при $K_3 \approx 1$

(т.е. на элементах шероховатости поверхности). При этом $K_2 = B/S \leq 1$ так же, как и при выявлении поверхностных трещин.

Рассмотренные теоретические соотношения показывают, что в зависимости от значений параметров оптической системы (размер пятна излучения на поверхности, длина волны излучения, высота расположения приемного объектива над поверхностью) изменяются возможности измерительной системы: она может распознавать вид элементов топологии поверхности или только обнаруживать их, измерять геометрические характеристики каждого элемента поверхности (ширину, глубину) при переотражении на них или получать интегральную оценку при измерении параметров рассеяния. Число переотражений в элементах поверхности n позволяет провести классификацию элементов поверхностной структуры с точки зрения их оптических свойств.

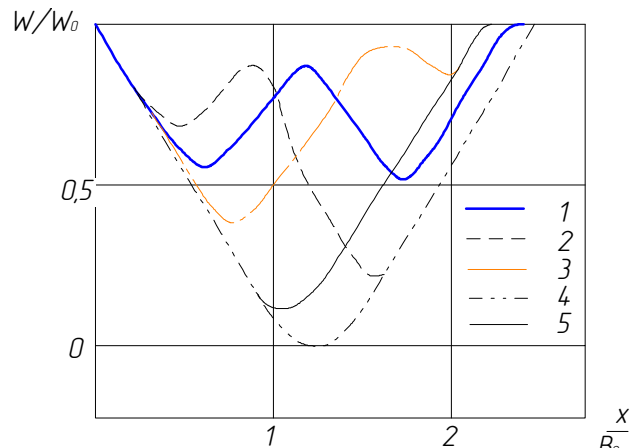


Рис.4. Зависимость изменения относительной величины сигнала W/W_0 от безразмерной координаты x/B_1 для $\alpha=30^\circ$ и различных значений угла раскрытия трещины 1 - $\gamma=30^\circ, n=2, S/B_1=1,15$; 2 - $\Delta\gamma=3^\circ, n=1,8, S/B_1=1,3$; 3 - $\Delta\gamma=3^\circ, n=2,2, S/B_1=1,02$; 4 - $n \rightarrow \infty, H_1/B_1=1, S/B_1=1,3$; 5 - $n \rightarrow \infty, H_1/B_1=1, S/B_1=1,02$

Выявлена периодическая зависимость величины отраженного сигнала от числа переотражений в элементе поверхности [8]. Доказано, что для достоверного распознавания элементов поверхности необходимо сканирование при двух различных углах падения излучения. Показано, что при отражении импульса излучения от поверхности происходит его временная деформация, которая зависит от материала поверхности (цвет, шероховатость и др.) и размеров объекта. Зарегистрированный сигнал представляет собой интегральная величина от па-

дающего импульса излучения. Регистрируемый отраженный импульс содержит 2 компонента: когерентный и диффузный, соответственно измеряемый коэффициент отражения имеет две составляющих: зеркальную и диффузную. Коэффициент деформации импульса зависит от формы импульса и свойств отражающей поверхности. При измерениях с разрешением по времени результаты аналогичны применению интегрирующей сферы, но могут быть и более информативными. Для импульсов с длительность $t < t_{кр}$ происходит формирование когерентного пика. Ширина углового распределения зарегистрированного сигнала зависит от материала и его состояния.

Выбрана система основных параметров, характеризующих объект слежения и фоновую обстановку применительно к оптико-электронным системам, формирующим изображение. Она представляет собой совокупность оптических, спектрально-энергетических, геометрических и кинематических свойств объектов. Поэтому лишь использование многомерного пространства признаков позволяет повысить селективность и устойчивость оптико-электронных систем обнаружения при наличии ложных целей.

Исследуемые объекты по собственным оптическим характеристикам можно классифицировать следующим образом:

1. Объекты, модулирующие поток излучения по направлению распространения (характеризуется параметром n). Результирующее распределение интенсивности определяется соотношением параметров K_1 , K_2 и K_3 . Данные параметры определяют: происходит ли изменение направления распространения излучения или его рассеяние на данном элементе поверхности при заданных параметрах системы наблюдения.

2. Поверхности, изменяющие угловое распределение отраженного излучения (индикатриса с показателем m)

3. Поверхности, при отражении от которых происходит деформация импульса излучения.

4. Поверхности с различными типами спектральных зависимостей отражательной способности от температуры.

Информационные характеристики оптико-электронной системы наблюдения оп-

ределяются исходя из следующих условий: характерные параметры объекта (шероховатость, геометрические размеры, спектральная зависимость отражательной способности поверхности и др.) и их количества (один или несколько); диапазоны изменения этих параметров. Поэтому данные системы можно также классифицировать по типу используемого источника и режиму его работы (непрерывный, импульсно-периодический, длина волны излучения, частота повторения импульсов, параметры K_1 и K_2), числу измеряемых параметров, диапазону измерения каждого из параметров. При этом в зависимости от значения параметров K_1 и K_2 для определения характеристик одного и того же объекта проводится измерение разных параметров (интенсивность переотражения или рассеяния).

Любая поверхность характеризуется одновременным наличием нескольких признаков, поэтому для достоверного распознавания объекта и определения его состояния (температуры, уровня напряжений в поверхностном слое) необходимо формирование многоканальной информационной системы с одновременным измерением нескольких параметров.

Проведены экспериментальные исследования по определению отражательных характеристик поверхностей изделий аэрокосмической техники. Полученные зависимости представлены на рис. 5. Так, для алюминиевого сплава после химполирования при увеличении длины волны излучения λ с 0,56 мкм до 10,6 мкм происходит изменение показателя индикатрисы рассеяния с 5 до 20, что соответствует увеличению величины принятого сигнала на 35%. Для теплоизоляционной капроновой ткани при изменении длины волны в том же диапазоне показатель индикатрисы изменяется с 2 до 12, что приводит к увеличению величины принятого сигнала на 45%.

Исследован характер поведения коэффициента отражения при импульсно-периодическом воздействии с различной величиной интенсивности. Экспериментально показано, что нитроэмалевое, терморегулирующее покрытие и экранно-вакуумная теплоизоляция имеют диффузный характер отражения излучения, а фоточувствительный

слой солнечных батарей и алюминиевый сплав после химполирования - зеркальное. Так, при отражении от поверхности химполированного алюминиевого сплава ширина телесного угла индикатрисы рассеивания составляет $\theta = 3^\circ$, для ЭВТИ $\theta = 25^\circ$, а для ТРП на основе диоксида циркония $\theta = 125^\circ$.

Проведена экспериментальная оценка влияния длины волны излучения на вероятность обнаружения объектов при лазерной локации. Коэффициент правдоподобия лазерной локации P определяется как отношение площади видимого изображения, ограниченной распределением плотности мощности отраженного сигнала, к общей величине площади его изображения. На рис. 6 приводятся сравнительные зависимости величины P для различных объектов типа КА с учетом изменяемой длины волны λ , частоты генерации ν и величины скважности импульса излучения L . Заметим, что величина вероятности обнаружения объекта P зависит от его конструкции при неизменном составе группы материалов внешней компоновки: теплоизоляционная капроновая ткань; пластины с покрытием на основе диоксида циркония; алюминиевые сплавы после химполирования; пластины радиационных элементов

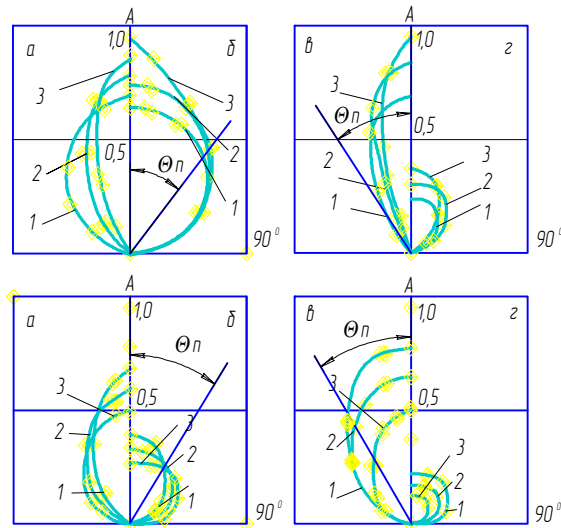


Рис. 5. Индикатриса рассеивания излучения для различных материалов (в полярных координатах): а – теплоизоляционная капроновая ткань; б – пластина с покрытием на основе диоксида циркония; в – алюминиевый сплав после химического полирования; г – пластина радиационных элементов из арсенида галлия; 1 – $\lambda = 0,56 \times 10^{-6}$ м; $\nu = 10$ Гц; 2 – $\lambda = 1,06 \times 10^{-6}$ м; $\nu = 20$ Гц; 3 – $\lambda = 10,6 \times 10^{-6}$ м; $\nu = 30$ Гц

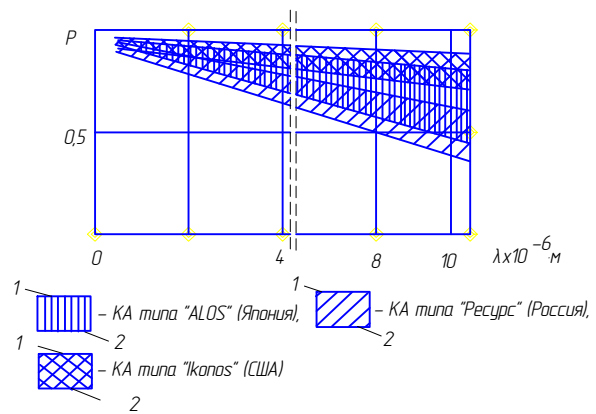


Рис. 6. Величина коэффициента правдоподобия в зависимости от длины волны излучения для моделей различных КА: 1 - верхняя граница области обнаружения: частота генерации - 30 Гц; скважность импульса 1/5; 2 - нижняя граница области обнаружения: непрерывный режим генерации

из арсенида галлия. В данных условиях проведения исследований объект типа КА «Ikonos» (США) имеет большую вероятность обнаружения (оптическая ось зондирующего пучка перпендикулярна строительной оси объекта).

Библиографический список

1. Обратные задачи в оптике [Текст]/Под ред. Г.П. Болтса. М.: Машиностроение, 1984. – 200 с.
2. Павленко, В.Д. Критерии отбора информативных совокупностей параметров при многоклассовом распознавании [Текст] / В.Д. Павленко, А.А. Фомин // Сб. тр. Одесского политехн. ун-та, 2000. - №3 – С. 25-28.
3. Кузнецов, В.И. Устойчивость сопровождения цели средствами технического зрения [Текст] / В.И. Кузнецов, В.И. Мордасов. // Проблемы машиностроения и автоматизации. 1995. - №34. С.50-54.
4. Кузнецов, В.И. Использование лазерной подсветки для обнаружения подвижных объектов [Текст] / В.И. Кузнецов, В.И. Мордасов, Н.А. Сазонникова // Вестник Самар. гос. аэрокосм. ун-та. -№2 (10). -Ч 2. Самара: 2006. - С. 27-31.
5. Белов, М.Л. Рассеяние лазерного излучения на неровной поверхности со сложной локальной индикатрисой отражения в турбулентной атмосфере [Текст] / М.Л. Белов, В.И. Козинцев, Б.В. Стрелков // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Приборостроение». - 2007. - №1. - С.-63-73.
6. Медведев, Е.М. Лазерная локация земли и леса [Текст] / Е.М. Медведев [и др.] -

Изд-во института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН: 2007. - 320 с.

7. Соллогуб, А.В. Космические аппараты систем зондирования поверхности Земли: математические модели повышения эффективности КА / А.В. Соллогуб [и др.]. Под ред. Д.И. Козлова. М.: Машиностроение, 1993. – 366 с.

8. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров. [Текст] / Г. Корн, Т. Корн. - М.: Наука, 1974. – 832 с.

9. Сазонникова, Н.А. Исследование перерождения излучения в элементах поверхности [Текст] / Н.А. Сазонникова. - М.: МЦНТИ, Компьютерная оптика, 2002. В22. - С. 23-28.

References

1. The reverse tasks in optics [Next]/Under G.P/Bolts reduction. Moscow. Mashinostroeny, 1984 – 200 p.

2. V.D. Pavlenko, A.A. Fomin. Criteria of parameters' informing aggregates selection in multiclass recognition [Text]/Collected volume of Odessa politechnical university, 2000, №3 – p. 25-28.

3. V.I. Kuznetsov, V.I. Mordasov. Stability of target tracking by technical vision means [Text]/Engineering and automation problems. 1995. №34, p.50-54.

4. V.I. Kuznetsov, V.I. Mordasov, N.A. Sazonnikova. Laser light employment for moving objects detecting [Next]/ Samara State Aerospace University Bulletin, №2 (10), part 2, Samara, 2006, p. 27-31.

5. M.L. Belov, V.I. Kozintsev, B.V. Strelkov. Laser beam scattering on the rough surface with complex reflecting indicatrisa in turbulence atmosphere. [Текст]/ Moscow State Technical University by N.E. Bauman. «Pribo-rostroeny»series 2007.№1, p.-63-73.

6. Medvedev E.M., Danilin I.M., Melnikov S.R. Laser location of earth and forest [Text]/ published by Forest Institute by V.N. Sucachev. Siberian Department of Russian Academia of Sciences, 2007, 320 p.

7. Earth surface sound spacecrafts: mathematics models of spasecrafts effectivity increase / A.V. Sollogub, G.P. Anshakov, V.V. Danilov. Under D.I. Kozlov reduction. Moscow:Mashinostroeny, 1993 – 366 p.

8. G. Korn, T Korn. Mathematical handbook for science workers and engineers. [Text] Moscow, “Nauka”, 1974 – 832 p.

9. Sazonnikova N.A. Investigation of beam reflection in surface elements[Text] / Computer optics / Moscow: MCSTI, , 2002. V.22, p.23-28.

THE DETECTING IMPROVEMENT BY LASER SURFACE SOUNDING

© 2009 N. A. Sazonnikova

Samara State aerospace university

The possibilities of method of laser location implementation with use of changeable wavelength, pulse frequency and pulse duration were investigated. For the present method dependence of characteristics of surface reflecting against laser wavelength, pulse frequency and pulse duration at the surface light sounding were expose. The changeable wavelength and tunable pulse-periodic operation of operation are unique possibilities of laser systems.

Laser surface sounding, detecting probability, reflecting parameters

Информация об авторах

Сазонникова Надежда Александровна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры автоматических систем энергетических установок Самарского государственного аэрокосмического университета. Тел.: (846) 267-46-65. E-Mail: nasazonnikova@yandex.ru. Область научных интересов: лазерные системы.

Sazonnikova Nadezhda Alexandrovna, candidate of technical sciences, older science worker of Automatic systems of energy devices cathedra of Samara State aerospace University. Phone: (846) 267-46-65. E-mail: nasazonnikova@yandex.ru. Area of research: laser information and measurement systems.