

ПОГРЕШНОСТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГРАДИЕНТА ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУШНОГО ТРАКТА В СИСТЕМАХ С ПОЛИХРОМАТИЧЕСКОЙ РАВНОСИГНАЛЬНОЙ ЗОНОЙ

А. А. МАРАЕВ, И. С. НЕКРЫЛОВ, А. Н. ТИМОФЕЕВ

Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: anton.a.maraev@gmail.com

Рассмотрена погрешность определения положения оптической равносигнальной зоны при использовании дисперсионного метода. Показано, что существует составляющая этой погрешности, которая не может быть исключена. Определено, что эта составляющая зависит от параметров оптической системы, расстояния, на котором находится контролируемый объект, и используемых длин волн. Моделирование показало, что данная составляющая может быть уменьшена выбором оптимальных параметров оптической системы.

Ключевые слова: *система оптико-электронная, зона полихроматическая равносигнальная, метод дисперсионный, оптимизация параметров.*

В различных отраслях промышленности необходимо осуществлять контроль удаленных объектов с высокой точностью. Во многих случаях с этой целью применяются оптико-электронные системы, в частности, для контроля смещений элементов крупногабаритных конструкций необходимо создать протяженную измерительную базу. Такой базой в оптико-электронных системах, обеспечивающих высокую чувствительность к смещениям [1, 2] в широком линейном диапазоне, может являться оптическая равносигнальная зона (ОРСЗ). Исследования [3, 4] как систематических, так и случайных составляющих погрешностей контроля показали, что наиболее сильное влияние на результат измерения оказывает вертикальный градиент температуры воздушного тракта. Используя дисперсионный метод [5] для двух длин волн λ_1 и λ_2 в системах с полихроматической ОРСЗ [6, 7], возможно ослабить указанное воздействие [6—8], однако при этом не может быть исключена составляющая погрешности контроля смещений $\delta y_{\text{grad}T}$.

Исследования показали, что если известны параметры оптической системы, можно определить величину неисключенной составляющей погрешности:

$$\delta y_{\text{grad}T} = \frac{2(n_1 - 1)n_2 \left(2k_1 \delta \varphi_1 z + D \frac{|z_{01} - 2z|}{z_{01}} \right) \Phi_{\text{пор}} z^2}{\pi \tau_1 S_{\text{ф}} S_{\text{п}} L (n_1 - n_2)},$$

где n_1 и n_2 — показатели преломления воздушного тракта для λ_1 и λ_2 ; D — диаметр выходного зрачка объектива формирователя ОРСЗ; $S_{\text{ф}}$ и $S_{\text{п}}$ — площадь выходных зрачков формирователя ОРСЗ и приемного канала; z — расстояние, на котором находится контролируемый объект; $\Phi_{\text{пор}}$ — пороговый поток фотоприемника; L — яркость источников формирователя ОРСЗ (при условии, что значения яркости источников с λ_1 и λ_2 равны). Для λ_1 : k_1 — коэффициент, учитывающий характер распределения сферических aberrаций объектива; $\delta \varphi_1$ — угловая сферическая aberrация объектива; z_{01} — расстояние, на которое сфокусирован объектив формирователя для заданной длины волны; τ_1 — коэффициент пропускания оптической системы.

Из приведенного выражения видно, что величина неисключенной составляющей погрешности, вызванной воздействием градиента температуры воздушного тракта, кубически зависит от расстояния между формирователем ОРСЗ и контролируемым объектом и может

быть уменьшена выбором как значений λ_1 и λ_2 , так и параметров системы (z_{01} , L). Компьютерное моделирование показало, что можно найти такое соотношение параметров оптоэлектронных систем, при котором рассматриваемая погрешность будет уменьшена на порядок.

Работа по исследованию проблем ослабления воздействия воздушного тракта на процесс контроля поперечных смещений выполнена при государственной финансовой поддержке ведущих университетов Российской Федерации (госзадание 2014/190).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джабиев А. Н., Мусяков В. Л., Панков Э. Д., Тимофеев А. Н. Оптико-электронные приборы и системы с оптической равносигнальной зоной. СПб: ИТМО, 1998. 238 с.
2. Богатинский Е. М., Коротаев В. В., Мараев А. А., Тимофеев А. Н. Исследование путей ослабления влияния воздушного тракта в распределенных оптоэлектронных системах предупреждения техногенных катастроф // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. 2010. № 3 (67). С. 130.
3. Latyev S. M., Pankov E. D., Prokofjev A. V., Timofeev A. N. Refraction's slacking in optoelectronic systems for positioning of elements of ecologically dangerous objects // Proc. SPIE. 2004. Vol. 5381. P. 157.
4. Мараев А. А., Коняхин И. А., Тимофеев А. Н. Исследование энергетической чувствительности в оптоэлектронных системах с полихроматической оптической равносигнальной зоной // Изв. вузов. Приборостроение. 2012. Т. 55, № 3. С. 31—35.
5. Дементьев В. Е. Современная геодезическая техника и ее применение. М.: Академический Проект, 2008. 591 с.
6. Mараев А. А., Timofeev А. N. Energetic sensitivity of optical-electronic systems based on polychromatic optical equisignal zone // Proc. SPIE. Optical Measurement Systems for Industrial Inspection VIII. 2013. Vol. 8788. P. 1—7.
7. Mараев А. А., Vasilev А. S., Timofeev А. N. Study of irradiance distribution in optical equisignal zone // Optics, Photonics, and Digital Technologies for Multimedia Applications III. Proc. of SPIE. 2014. Vol. 9138. P. 1—7.
8. Пат. 2492420 РФ. Способ определения пространственного положения объекта и устройство для его осуществления / В. В. Коротаев, А. Н. Тимофеев, М. Г. Серикова, А. А. Горбачёв, А. В. Пантюшин, А. А. Мараев. Опубл. 10.09.2013. Бюл. № 6.

Сведения об авторах

- Антон Андреевич Мараев** — канд. техн. наук; Университет ИТМО, кафедра оптоэлектронных приборов и систем; E-mail: anton.a.maraev@gmail.com
- Иван Сергеевич Некрылов** — студент; Университет ИТМО, кафедра оптоэлектронных приборов и систем; E-mail: ivannekrylov94@gmail.com
- Александр Николаевич Тимофеев** — канд. техн. наук; Университет ИТМО, кафедра оптоэлектронных приборов и систем; E-mail: timofeev@grv.ifmo.ru

Рекомендована кафедрой
оптоэлектронных приборов
и систем

Поступила в редакцию
04.03.15 г.

Ссылка для цитирования: Мараев А. А., Некрылов И. С., Тимофеев А. Н. Погрешность воздействия градиента температуры воздушного тракта в системах с полихроматической равносигнальной зоной // Изв. вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58, № 6. С. 501—503.

ERROR INTRODUCED BY VERTICAL TEMPERATURE GRADIENT ALONG THE AIR PATH INTO OPERATION OF OPTICAL-ELECTRONIC SYSTEM WITH POLYCHROMATIC EQUISIGNAL ZONE

A. A. Mараev, I. S. Nekrylov, A. N. Timofeev

ITMO University, 197101, Saint Petersburg, Russia

E-mail: anton.a.maraev@gmail.com

Error of object location by optical-electronic position-control system with polychromatic equisignal zone with the use of the dispersion method is considered. A component of the error which may not be

eliminated is found. The component is shown to depend on the system optical parameters, distance to the object under control, and the used wavelengths. Results of numerical simulation reveal a possibility to reduce the error component by optimization of the optical system parameters.

Keywords: optical-electronic system, optical equisignal zone, dispersion method, optimization of parameters.

Data on authors

- | | | |
|------------------------------|---|--|
| Anton A. Maraev | — | PhD; ITMO University, Department of Optical-Electronic Devices and Systems; E-mail: anton.a.maraev@gmail.com |
| Ivan S. Nekrylov | — | Student; ITMO University, Department of Optical-Electronic Devices and Systems; E-mail: ivannekrylov94@gmail.com |
| Alexander N. Timofeev | — | PhD; ITMO University, Department of Optical-Electronic Devices and Systems; E-mail: timofeev@grv.ifmo.ru |

Reference for citation: Maraev A. A., Nekrylov I. S., Timofeev A. N. Error introduced by vertical temperature gradient along the air path into operation of optical-electronic system with polychromatic equisignal zone // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Priborostroenie. 2015. Vol. 58, N 6. P. 501—503 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2015-58-6-501-503