

Шимаров Александр Иванович

### **СВЕТОЛУЧЕВОЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ И КООРДИНАТ ОБЪЕКТА**

Светолучевые методы измерений разнообразны как по принципам, положенным в их основу, так и по возможности их применения. Развитие указанных методов привело к появлению новых нетрадиционных технических решений в области контроля пространственного положения объектов. В статье рассматривается метод одновременного измерения нескольких параметров объекта: углового положения и координат. Приведено теоретическое обоснование и пример практической реализации метода, а также результаты испытаний светолучевой информационно-измерительной системы.

Адрес статьи: [www.gramota.net/materials/1/2015/7/40.html](http://www.gramota.net/materials/1/2015/7/40.html)

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

#### **Альманах современной науки и образования**

Тамбов: Грамота, 2015. № 7 (97). С. 149-151. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: [www.gramota.net/editions/1.html](http://www.gramota.net/editions/1.html)

Содержание данного номера журнала: [www.gramota.net/materials/1/2015/7/](http://www.gramota.net/materials/1/2015/7/)

#### **© Издательство "Грамота"**

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: [www.gramota.net](http://www.gramota.net)

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: [almanac@gramota.net](mailto:almanac@gramota.net)

УДК 531.7

**Технические науки**

*Светолучевые методы измерений разнообразны как по принципам, положенным в их основу, так и по возможности их применения. Развитие указанных методов привело к появлению новых нетрадиционных технических решений в области контроля пространственного положения объектов. В статье рассматривается метод одновременного измерения нескольких параметров объекта: углового положения и координат. Приведено теоретическое обоснование и пример практической реализации метода, а также результаты испытаний светолучевой информационно-измерительной системы.*

*Ключевые слова и фразы:* методы измерений; светолучевой метод; измерение координат; измерение углового положения.

**Шимаров Александр Иванович**, к.т.н., доцент

Самарский государственный технический университет

alexandr-shimarov@yandex.ru

### СВЕТОЛУЧЕВОЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ И КООРДИНАТ ОБЪЕКТА<sup>©</sup>

В ряде областей техники и научных исследований существует необходимость одновременного измерения как углового положения, так и координат объектов. В настоящее время первостепенное значение имеют бесконтактные устройства измерения указанных параметров. Определенный интерес для этих целей представляют и светолучевые методы и средства [1; 2; 4].

В данной статье описан светолучевой метод, позволяющий измерять угловое положение и координаты одного объекта относительно другого по трем взаимно перпендикулярным осям и представляющий собой дальнейшее развитие метода, описанного в работах [3; 5; 6]. Согласно этому методу, на контролируемом объекте (КО) устанавливаются блок излучателей света (БИС), имеющий диаграмму направленности в виде трех плоских веерообразных лучей, расположенных под заданными углами относительно друг друга (Рис. 1).

При этом на базовом объекте (БО) устанавливают два позиционно чувствительных элемента (ПЧЭ1 и ПЧЭ2). Лучи света Л1-Л3 геометрически исходят из центра тяжести  $O_c$  объекта КО.

Пересекаясь с плоскостью  $x_6O_6z_6$ , эти лучи образуют на ней три световых следа С1-С3, расположение которых на указанной плоскости однозначно определяет угловое положение и координаты КО в базовой системе координат  $x_6y_6z_6$ . Положение следов С1-С3 регистрируют посредством ПЧЭ, измерительная информация с которых поступает во время импульсной формы.

В качестве примера на Рис. 2 показано расположение световых следов, характерное для некоторых частных случаев:

$$\begin{array}{llllll} a) & d = 0; & h = H_1; & c = 0; & v = 0; & \gamma = 0; & \beta = 0; \\ б) & d = 0; & h = H_1; & c = 0; & v = N; & \gamma = 0; & \beta = 0; \\ в) & d = 0; & h = H_1; & c = 0; & v = 0; & \gamma = \Gamma; & \beta = 0; \\ г) & d = 0; & h = H_2 > H_1; & c = 0; & v = 0; & \gamma = 0; & \beta = 0, \end{array}$$

где  $h$ ,  $d$  и  $c$  – координаты КО в базовой системе координат;

$\gamma$ ,  $v$  и  $\beta$  – углы поворота КО соответственно вокруг осей  $O_c x_c$ ,  $O_c z_c$  и  $O_c y_c$  связанной системы координат.

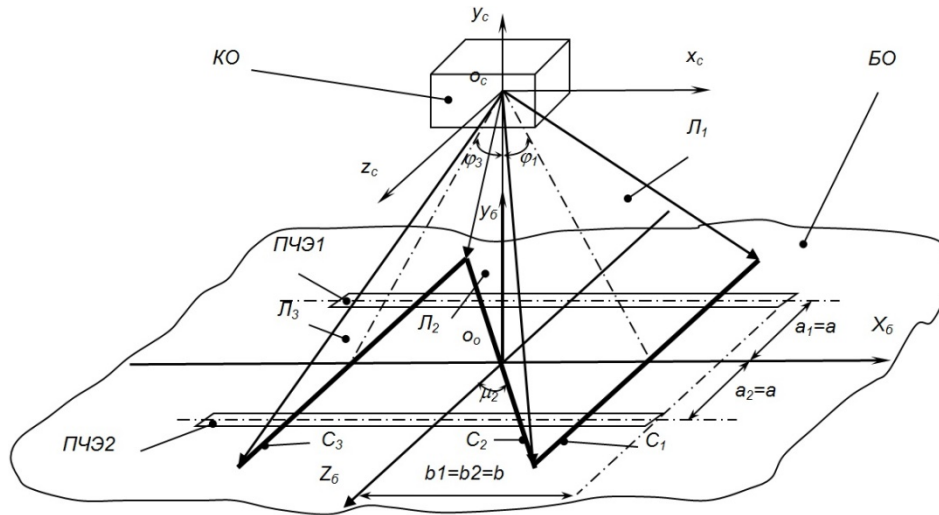
На Рис. 3 приведены примеры изменения временного положения импульсов тока с ПЧЭ1 и ПЧЭ2 в зависимости от координат и углового положения КО. Как видно из диаграмм, временное положение этих импульсов, а также интервалы времени между ними зависят от измеряемых параметров КО.

В частности, изменение угла  $v$  приводит к изменению соотношения между интервалами  $(t_{32}-t_{22})$  и  $(t_{22}-t_{12})$ ,  $(t_{31}-t_{21})$  и  $(t_{21}-t_{11})$ , изменение угла  $\gamma$  вызывает изменение соотношения между интервалами  $(t_{32}-t_{22})$  и  $(t_{31}-t_{21})$ ,  $(t_{22}-t_{12})$  и  $(t_{21}-t_{11})$ , увеличение или уменьшение  $h$  ведет к соответствующему увеличению или уменьшению всех временных интервалов.

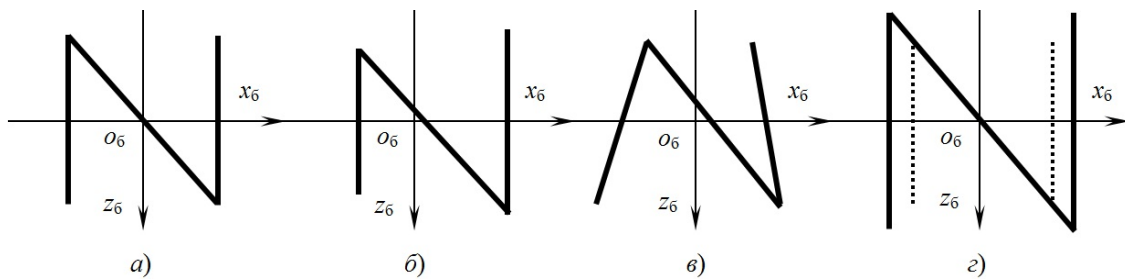
В общем случае связь параметров КО с расположением следов С1-С3 на плоскости  $x_6O_6z_6$ , а, следовательно, и с временным положением импульсов с ПЧЭ имеет более сложный характер и описывается системой нелинейных уравнений:

$$\left. \begin{array}{l} N_1(a_1 - z_{11}) + L_1(b_1 - x_{11}) - M_1 y_{11} = 0; \\ N_2(a_1 - z_{21}) + L_2(b_1 - x_{21}) - M_2 y_{21} = 0; \\ N_3(a_1 - z_{31}) + L_3(b_1 - x_{31}) - M_3 y_{31} = 0; \\ N_1(a_2 - z_{12}) + L_1(b_2 - x_{12}) - M_1 y_{12} = 0; \\ N_2(a_2 - z_{22}) + L_2(b_2 - x_{22}) - M_2 y_{22} = 0; \\ N_3(a_2 - z_{32}) + L_3(b_2 - x_{32}) - M_3 y_{32} = 0, \end{array} \right\}$$

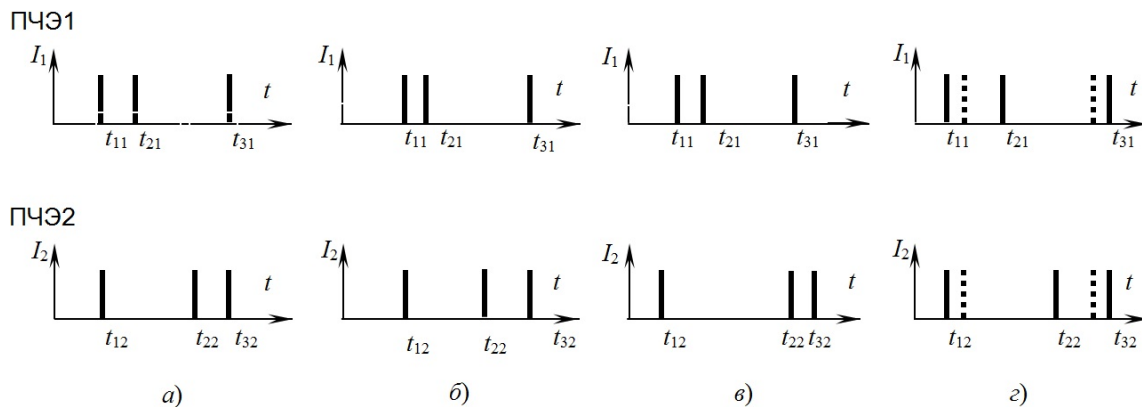
где  $x_{ij}$ ,  $y_{ij}$ ,  $z_{ij}$  ( $i=1,2,3; j=1,2$ ) – координаты центра тяжести КО в моменты времени  $t_{ij}$ , соответствующие засветке  $i$ -м лучом  $j$ -го ПЧЭ в точке  $(x_{\Phi j}, z_{\Phi j})$ ;



**Рис. 1.** К описанию светолучевого метода: КО и БО – контролируемый и базовый объекты, соответственно; Л1-Л3 – световые лучи (пучки); С1-С3 – следы световых лучей; ПЧЭ1, ПЧЭ2 – позиционно-чувствительные элементы



**Рис. 2.** Примеры расположения световых следов на плоскости  $x_6 O_6 z_6$



**Рис. 3.** Примеры изменения временного положения импульсов тока с ПЧЭ1 и ПЧЭ2:  $t_{ij}$  – момент времени, характеризующий положение импульса тока с  $j$ -го ПЧЭ от  $i$ -го светового луча ( $j=1, 2; i=1, 2, 3$ )

$L_i, M_i, N_i$  – коэффициенты нормального вектора  $\vec{A}_i\{L_i, M_i, N_i\}$  плоскости луча  $L_i$ .

Коэффициенты  $L_i, M_i, N_i$  определяются по формулам:

$$L_1 = l \cos \varphi_1 + A_0 \sin \varphi_1; M_1 = m \cos \varphi_1 + B_0 \sin \varphi_1; N_1 = -n \cos \varphi_1 + C_0 \sin \varphi_1;$$

$$L_2 = l \cos \mu_2 + A_c \sin \mu_2; M_2 = m \cos \mu_2 + B_c \sin \mu_2; N_2 = -n \cos \mu_2 + C_c \sin \mu_2;$$

$$L_3 = l \cos \varphi_3 + A_0 \sin \varphi_3; M_3 = m \cos \varphi_3 + B_0 \sin \varphi_3; N_3 = -n \cos \varphi_3 + C_0 \sin \varphi_3,$$

где

$$A_c = \sin \gamma \sin \nu \cos \beta + \sin \beta \cos \gamma; B_c = -\cos \nu \sin \gamma;$$

$$C_c = -\sin \gamma \sin \nu \sin \beta + \cos \beta \cos \gamma; A_0 = -\cos \gamma \sin \nu \cos \beta + \sin \beta \sin \gamma;$$

$$B_0 = \cos \nu \cos \gamma; C_0 = \cos \gamma \sin \nu \sin \beta + \cos \beta \sin \gamma;$$

$$l = \cos \nu \cos \beta; m = \sin \nu; n = \cos \nu \sin \beta;$$

$\varphi_1, \mu_2, \varphi_3$  – углы, определяющие соответственно положение лучей Л1, Л2, Л3 в связанной системе координат  $x_c, y_c, z_c$  (см. Рис. 1).

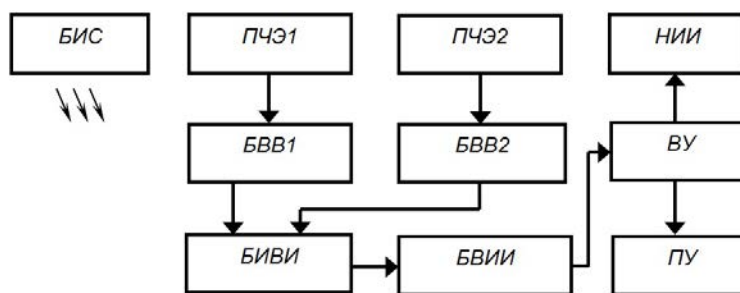


Рис. 4. Структурная схема светолучевой информационно-измерительной системы для измерения координат и углового положения объекта

В этой системе уравнений  $a_j$ ,  $b_j$  – координаты начала фоточувствительной зоны ПЧЭ<sub>1</sub>;  $x_{ij} = d + V_x t_{ij}$ ;  $y_{ij} = h$ ;  $z_{ij} = c + V_z t_{ij}$ , где  $h$ ,  $d$  и  $c$  – координаты КО;  $V_x$  и  $V_z$  – проекции вектора скорости сканирования ПЧЭ<sub>1</sub> на оси базовой системы координат.

Приведенная система уравнений соответствует общему случаю взаимного расположения лучей Л1-Л3 и расположения ПЧЭ<sub>1</sub> на плоскости  $y_0 O_6 z_6$ . Выбирая определенные значения углов  $\varphi_1$ ,  $\mu_2$ ,  $\varphi_3$  и координат ПЧЭ<sub>1</sub>, можно получать различные варианты этой системы. Метод позволяет определить по измеренным значениям моментов времени  $t_{ij}$  шесть параметров объекта: координаты  $h$ ,  $d$ ,  $c$  и углы поворота  $\gamma$ ,  $\nu$ ,  $\beta$  [3].

Примером реализации метода является светолучевая информационно-измерительная система (ИИС), структурная схема которой приведена на Рис. 4. ИИС состоит из блока излучателей света БИС, связанного с КО, и приемной части, которая связана с БО.

БИС содержит три полупроводниковых лазера и оптическую систему, построенную на базе цилиндрической оптики. Она формирует на своем выходе три плоских веерообразных световых пучка лучей, расположенных относительно друг друга таким образом, что их следы на плоскости  $x_6 O_6 z_6$  образуют фигуру в виде латинской буквы «Z».

Приемная часть содержит две линейки сканисторов ПЧЭ1 и ПЧЭ2, которые размещены на БО на расстоянии  $2a$  друг от друга. Эти сканисторы через блоки выделения видеосигналов БВВ1 и БВВ2 подключены к соответствующим входам блока измерения временных интервалов БВИ, выход которого, в свою очередь, подключен через блок ввода измерительной информации БВИИ к вычислительному устройству ВУ. Результаты вычислений хранятся на жестком диске накопителя измерительной информации НИИ для дальнейшей обработки результатов измерений и, при необходимости, выводятся на печатающее устройство ПУ. Работа ИИС, в основном, не отличается от работы устройства, описанного в [Там же], и поэтому здесь не рассматривается.

ИИС предназначена для дистанционного измерения расстояния  $h$  между КО и БО в диапазоне 0,5...150 м; перемещений  $d$  и  $c$  соответственно вдоль осей  $O_6 x_6$  и  $O_6 z_6$  в диапазоне  $\pm 0,3$  м; углов  $\nu$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  в диапазоне  $\pm 0,3$  рад. Экспериментальные исследования ИИС показали, что в указанных диапазонах результирующая погрешность измерений не превышает 0,5%.

#### Список литературы

1. А.с. 659901 СССР, МКИ<sup>3</sup> G 01 C 1/00 Устройство для измерения углов наклона / К. Л. Куликовский, В. Я. Купер, А. И. Шимаров (СССР). № 2337017/18-10; заявл. 09.05.76; опубл. 30.04.79. Бюл. № 6.
2. А.с. 659901 СССР, МКИ<sup>3</sup> G 01 C 9/00. Фотоэлектрическое устройство для определения углов наклона объекта / А. И. Шимаров, К. Л. Куликовский, В. Я. Купер (СССР). № 2337017/10; заявл. 09.03.76; опубл. 08.01.79. Бюл. № 1. 18 с.
3. Шимаров А. И. Метод определения взаимного положения объектов // Известия вузов. Приборостроение. 1984. Т. 27. № 1. С. 89-93.
4. Шимаров А. И. Оптико-электронные методы измерения параметров движущихся объектов // ДР 980. Депонированные рукописи. 1979. № 2. С. 52.
5. Шимаров А. И. Светолучевой способ определения углового положения объектов // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2010. № 8 (39). С. 70-74.
6. Шимаров А. И., Куликовский К. Л. Способ определения углового положения объектов // Известия вузов. Приборостроение. 1978. Т. 21. № 11. С. 116-120.

#### LIGHT-BEAM METHOD OF DETERMINING THE ANGULAR POSITION AND COORDINATES OF THE OBJECT

Shimarov Aleksandr Ivanovich, Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor  
Samara State Technical University  
alexandr-shimarov@yandex.ru

Light-beam measurement methods are diverse both in principles in their basis as well as in the possibility of their use. The development of these methods has led to the emergence of new innovative technical solutions in the field of the control of the spatial position of objects. The article discusses the method of the simultaneous measurement of several parameters of the object: angular position and coordinates. The theoretical study, the example of the practical implementation of the method and the results of the test of light-beam information-measuring system are given.

*Key words and phrases:* methods of measurement; light-beam method; measuring of coordinates; measurement of angular position.