

Таким образом, разработанный имитатор в ходе проведения испытаний позволит имитировать различные боевые ситуации, такие как отработка одиночного пуска с различных дальностей, отработка парного пуска для различных дальностей и углового разноса с регулируемой задержкой между пусками, с имитацией различных режимов полета ракеты.

#### **Список используемых источников**

1. Тиранов А. Д., Филиппов В. Л. Модельный расчет спектральной плотности силы излучения факелов ракетных двигателей на твердом топливе // Оптический журнал. – 2012. – Т. 79. – № 3. – С. 77-83.

## **ОПТОЭЛЕКТРОННОЕ УСТРОЙСТВО ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОФИЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ**

А.Н. Малышева - Стройкова, И. С. Зарецкий  
Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королёва  
(национальный исследовательский университет),  
г. Самара

К профильным объектам относятся лопатки двигателей, элементы летательных аппаратов, трубы, строительные конструкции, измерение которых контактными инструментальными методами затруднительно. Под геометрическими параметрами понимаются линейные и угловые величины объекта, а также соотношения между ними, характеризующие форму изделия и взаимное расположение его элементов.

К недостаткам существующих устройств [1,2] можно отнести низкую точность измерений, связанную с оптическими искажениями изображения на границах приемной матрицы, а также с зависимостью размера изображения от расстояния объектива телекамеры до контролируемого объекта. Это затрудняет их применение в устройствах оперативного контроля в тех случаях, когда расстояние до контролируемого объекта не известно или не фиксировано. Также недостатками является сложность конструкции, сложность процедуры

измерений. В случае использования установки с несколькими камерами, настройка на объект может быть сильно затруднена, а габаритный объект может не попасть в зону захвата одновременно всех камер.

Общий принцип получения измерительной информации в рассматриваемом устройстве можно представить как определение параметров объекта по сопряженным величинам на его оптическом изображении, полученном с использованием лазерных измерителей расстояний до контрольных точек объекта.

Учитывая все вышеописанные недостатки существующих методов измерения, было разработано устройство, упрощающее задачу контроля геометрических параметров профильных объектов при этом обеспечивающее требуемую точность [3]. На рис.1 приведена структурная схема предложенного устройства.

Устройство состоит из телекамеры, закрепленной на платформе, способной вращаться в горизонтальной и вертикальной плоскостях. На поверхности платформы установлен лазерный дальномер, оптическая ось которого параллельна оптической оси камеры, а также датчик азимутальных углов, формирующий сигналы, пропорциональные углам  $\alpha$  и  $\beta$ .

Вращение платформы задается вручную специальным микрометрическим механизмом, который на рисунке не показан. Выходы телекамеры, дальномера и датчика угла соединены с входом устройства обработки, соединённым с видеоконтрольным устройством. На рис.1 изображен также контролируемый объект S, на котором показаны три произвольные точки A, B, C, используемые при калибровке.

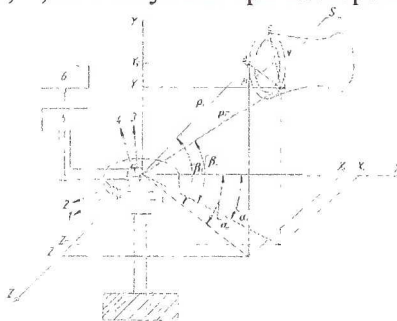


Рис. 1. Структурная схема устройства дистанционного измерения геометрических параметров профильных объектов: 1 – платформа; 2 – телекамера; 3 – лазерный дальномер; 4 – датчик азимутальных углов; 5 – вход устройства обработки; 6 – видеоконтрольное устройство; S – контролируемый объект;  $\alpha$  – угол в горизонтальной плоскости;  $\beta$  – угол в вертикальной плоскости.

На рис. 2, где координаты  $\mu$ ,  $\eta$  определяют точки на плоскости фотоматрицы телекамеры и, следовательно, видеоконтрольного устройства, проиллюстрировано, что при разных углах съёмки изображение объекта формируется в разных точках фотоматрицы и отображается в разных точках экрана видеоконтрольного устройства.

Для измерения геометрических параметров объект устанавливают в зоне обзора камеры. На нём выбираются три произвольные точки А, В, С, находящиеся на контролируемой поверхности (плоскости, линии). С помощью поворотного стола на точку А наводится лазерный дальномер, фиксируются углы положения

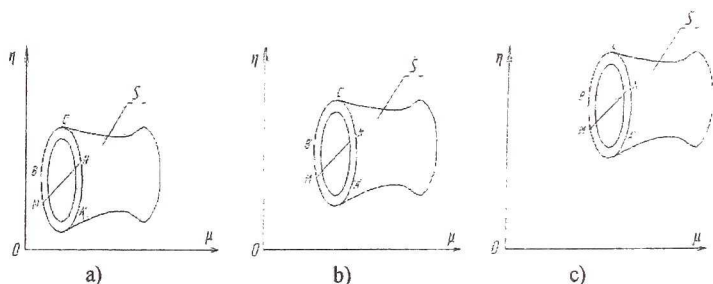


Рис. 2. Изображения контролируемого объекта:

- a) наведение лазерного дальномера на точку А [ $S_A = S(\alpha_A, \beta_A)$ ];
- b) наведение лазерного дальномера на точку В [ $S_B = S(\alpha_B, \beta_B)$ ];
- c) наведение лазерного дальномера на точку С [ $S_C = S(\alpha_C, \beta_C)$ ]

поворотного стола, соответствующие этой точке  $\alpha_A$ ,  $\beta_A$ , измеряется расстояние от камеры до точки А, делается съёмка объекта при полученных углах, получают изображение  $S_A = S(\alpha_A, \beta_A)$  (рис. 2,а). Затем поочерёдно наводят дальномер на точки В и С и получают изображения объекта при углах, соответствующих выбранным точкам  $S_B = S(\alpha_B, \beta_B)$ ,  $S_C = S(\alpha_C, \beta_C)$ . Таким образом, получено три плоских изображения объёмного изделия. Полученные изображения и лазерные измерения дают возможность проводить полный анализ геометрических размеров изделия. Каждое изображение имеет свой масштаб на экране. Определение этого масштаба является одной из промежуточных задач процедуры измерений. Для определения масштаба каждого изображения необходимо соотнести реальные размеры отрезков АВ, АС и ВС с их длиной на каждом экране. Реальные размеры указанных отрезков в пространстве определяются по

формулам:

$$AB = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2 + (z_A - z_B)^2}, \quad (1)$$

$$AC = \sqrt{(x_A - x_C)^2 + (y_A - y_C)^2 + (z_A - z_C)^2}, \quad (2)$$

$$BC = \sqrt{(x_B - x_C)^2 + (y_B - y_C)^2 + (z_B - z_C)^2}, \quad (3)$$

где

$$x_{A(B,C)} = \rho_{A(B,C)} \cos \beta_{A(B,C)} \cos \alpha_{A(B,C)}; \quad (5)$$

$$y_{A(B,C)} = \rho_{A(B,C)} \cos \beta_{A(B,C)} \sin \alpha_{A(B,C)}; \quad (6)$$

$$z_{A(B,C)} = \rho_{A(B,C)} \sin \beta_{A(B,C)}.$$

В формулах (4) –(6) величины  $\rho_A$ ,  $\rho_B$ ,  $\rho_C$  определяются лазерным дальномером; величины  $\alpha_A$ ,  $\alpha_B$ ,  $\alpha_C$ ,  $\beta_A$ ,  $\beta_B$ ,  $\beta_C$  - датчиком углов.

На экране видеоконтрольного устройства расположенные в пространстве отрезки  $AB$ ,  $AC$  и  $BC$  преобразуются в расположенные на плоскости экрана отрезки  $A'B'$ ,  $A'C'$  и  $B'C'$ . Длина указанных отрезков на экране дисплея определяется через их координаты по формулам:

$$A'B' = \sqrt{(\mu_A - \mu_B)^2 + (\eta_A - \eta_B)^2}; \quad (7)$$

$$A'C' = \sqrt{(\mu_A - \mu_C)^2 + (\eta_A - \eta_C)^2}; \quad (8)$$

$$B'C' = \sqrt{(\mu_C - \mu_B)^2 + (\eta_C - \eta_B)^2}. \quad (9)$$

Для того, чтобы проводить измерения реального объекта по его плоскому изображению необходимо определить масштаб, то есть цену деления одного пикселя изображения по координатам  $\mu$ ,  $\eta$ , соответствующим реальным размерам объекта в пространстве. Для этого введём коэффициенты масштабирования по координатам и сравним реальные отрезки (1) – (3) с их плоскими изображениями экране (7) – (9).

Из условий  $AB = A'B'$  и  $AC = A'C'$  получаем следующие уравнения:

$$\begin{cases} AB^2 = (x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2 + (z_A - z_B)^2 = R_\mu(\mu_A - \mu_B)^2 + R_\eta(\eta_A - \eta_B)^2; \\ AC^2 = (x_A - x_C)^2 + (y_A - y_C)^2 + (z_A - z_C)^2 = R_\mu(\mu_A - \mu_C)^2 + R_\eta(\eta_A - \eta_C)^2, \end{cases} \quad (10)$$

где  $R_\mu$ ,  $R_\eta$  – масштабирующие коэффициенты по координатам  $\mu$   $\eta$ .

Совместное решение этих уравнений даст значения  $R_\mu$ ,  $R_\eta$ , которые определяют метрологическое соответствие между реальными размерами

объекта в пространстве и его плоским изображением на экране.

Из системы (10) находим:

$$R_\mu = \frac{\Delta\mu}{\Delta}, \quad R_\eta = \frac{\Delta\eta}{\Delta}, \quad (11)$$

где

$$\Delta = \begin{vmatrix} (\mu_A - \mu_B)^2 & (\eta_A - \eta_B)^2 \\ (\mu_A - \mu_C)^2 & (\eta_A - \eta_C)^2 \end{vmatrix} = (\mu_A - \mu_B)^2(\eta_A - \eta_C)^2 - (\eta_A - \eta_B)^2(\mu_A - \mu_C)^2; \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \Delta\mu &= \begin{vmatrix} (x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2 + (z_A - z_B)^2 & (\eta_A - \eta_B)^2 \\ (x_A - x_C)^2 + (y_A - y_C)^2 + (z_A - z_C)^2 & (\eta_A - \eta_C)^2 \end{vmatrix} = \\ &= [(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2 + (z_A - z_B)^2] \cdot (\eta_A - \eta_C)^2 - \\ &- [(x_A - x_C)^2 + (y_A - y_C)^2 + (z_A - z_C)^2] \cdot (\eta_A - \eta_B)^2; \end{aligned} \quad (13)$$

$$\Delta\eta = \left| \begin{array}{l} (\mu_A - \mu_B)^2 \quad (x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2 + (z_A - z_B)^2 \\ (\mu_A - \mu_C)^2 \quad (x_A - x_C)^2 + (y_A - y_C)^2 + (z_A - z_C)^2 \end{array} \right| =$$

$$= (\mu_A - \mu_B)^2 \cdot [(x_A - x_C)^2 + (y_A - y_C)^2 + (z_A - z_C)^2] -$$

$$- (\mu_A - \mu_C)^2 \cdot [(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2 + (z_A - z_B)^2] \quad (14)$$

Тогда любой произвольный размер MN между произвольными точками на контролируемом объекте определится по формуле:

$$MN = \sqrt{R_\mu (\mu_M - \mu_N)^2 + R_\eta (\eta_M - \eta_N)^2}. \quad (15)$$

При этом вычисление размера может производиться по любому из изображений рис. 2.

Предлагаемое устройство позволяет избежать влияния перекосов контролируемого объекта относительно оптической оси камеры. При этом, если камерой захватывается все изображение объекта, устройство обработки можно запрограммировать не только на измерение каких-то размеров, но и проводить анализ формы, вычислять центр тяжести, момент сопротивления и т.д.

Устройство позволяет значительно повысить точность оперативных измерений геометрических параметров объектов, сделав их независимыми от взаимного расположения телекамеры и контролируемого объекта при использовании в широком диапазоне измерений.

#### Список использованных источников

1. Сворцов Б.В. Методы дистанционных измерений геометрических параметров объектов [Текст] / Б.В. Сворцов, И.Ю. Жиганов, А. Н. Малышева-Стройкова. – LAB LAMBERTA Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. – С. 320.

2. Жиганов И. Ю. Бесконтактные устройства измерения геометрических параметров труб [Текст] / И.Ю. Жиганов. М.: Вузовская книга, 2004. - 272 с.

3. Заявка 2013114340 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup>G01B21/28. Устройство дистанционного измерения геометрических параметров профильных объектов [Текст] / Сворцов Б. В., Борминский С. А.,

Малышева-Стройкова А. Н., Блинов Д. И.; заявитель и патентообладатель  
Скворцов Б. В., Борминский С. А., Малышева-Стройкова А. Н., Блинов Д.  
И. - 2013114340; приоритет 29.03.2013г.

## **ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ В УСТРОЙСТВЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ НА БАЗЕ ОС ANDROID**

И. А. Кудрявцев, А. С. Давыдов  
Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королёва  
(национальный исследовательский университет),  
г. Самара

В настоящее время широкую популярность приобрела операционная система Android, разработанная для смартфонов и планшетных ПК. Она подходит для создания разнообразных приложений с использованием аппаратных датчиков и предоставляет разработчику широкие возможности по измерению, обработке и визуализации информации, включая кинематические параметры устройства и электромагнитные характеристики окружающей среды.

Целью работы является получение и обработка информации с датчиков Android - устройства, установленного на макете типа физического маятника при наличии «сухого» трения на оси подвеса.

Android-приложение для получения и накопления информации с датчиков движения написано на языке Java в среде Eclipse с ADT плагином (API 9). В работе задействовались датчики `Sensor.TYPE_ACCELEROMETER` и `Sensor.TYPE_ROTATION_VECTOR`. Первый датчик является акселерометром, второй датчик является магнитным компасом, он вычисляет угол поворота системы координат устройства (связанной с устройством) относительно глобальной системы координат (связанной с Землёй) [1-3].

Данное приложение может рассматриваться в качестве прототипа для разработки устройства сбора и передачи информации об окружающей среде. Так как в последнее время всё большую популярность приобретают микро- и наноспутники, назначением которых является получение и передача информации о Земле и околоземном пространстве, то конечное устройство можно использовать в таких спутниках .