

УДК 53.084.4

## МЕТОД ЮСТИРОВКИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ КООРДИНАТОРОВ ЦЕЛИ

*Молодык А.В., Ткаченко Е.А.*

*Казенное предприятие специального приборостроения «Арсенал», г. Киев, Украина*

*Предложен метод юстировки оптической системы координаторов цели, работающих в инфракрасном (ИК) диапазоне. Метод не требует применения тепловизионной техники. При юстировке используется излучение со спектральным составом идентичным излучению целей, а также собственный ИК-фотоприемник координатора. Показано, что метод юстировки обеспечивает в рабочем интервале температур координатора минимальную температурную расфокусировку изображения цели относительно плоскости анализатора.*

**Ключевые слова:** *температурная дефокусировка, юстировка инфракрасного координатора.*

### **Введение**

Важным этапом производства оптико-электронных координаторов является юстировка оптической системы. В процессе юстировки необходимо добиться такого взаимного расположения изображения цели и анализатора изображения, при котором достигается максимальная амплитуда электрического сигнала – реакции координатора на наличие перемещающейся в поле зрения точечной цели. Фотоприемник координатора работает в инфракрасном (ИК) диапазоне длин волн, поэтому визуальная юстировка анализатора исключена. Визуализация процесса юстировки в рабочем диапазоне длин волн требует создания специальной юстировочной тепловизионной установки [1]. Использование тепловизора в составе юстировочных установок существенно усложняет их систему и значительно увеличивает их стоимость.

Существенная особенность юстировки координаторов состоит в том, что юстировка должна обеспечивать такое взаимное расположение объектива и анализатора, при котором колебание температуры координатора в диапазоне ( $-40... + 50$ ) °C приводит к минимальной дефокусировке изображения цели относительно анализатора.

В связи с этим разработка метода юстировки, который не требует использования тепловизионной техники, действует в спектральном диапазоне координатора, а также обеспечивает координатору минимальную расфокусировку в рабочем диапазоне температур, является актуальной задачей, имеющей важное практическое значение.

### **Постановка задачи**

Задача данной работы заключается в создании аппаратного средства, разработке порядка выполнения юстировочных операций, а также в разработке математического обеспечения метода, который при выполнении юстировки координатора цели не требует использования тепловизоров и обеспечивает минимальное дефокусирование изображения относительно анализатора в рабочем диапазоне температур.



взаимного расположения изображения микродиафрагмы и анализатора. Если изображение относительно анализатора дефокусировано, то это приводит к уменьшению амплитуды электрического сигнала.

Построив график зависимости амплитуды сигнала  $U(Z_{\text{кол}})$ , где  $Z_{\text{кол}}$  – расстояние от переднего фокуса объектива коллиматора до плоскости микродиафрагмы, можно вычислить то значение  $Z'_{\text{коор}}$ , при котором амплитуда  $U$  – максимальна, (по штриховой линии на Рис. 3). Найденное таким образом значение  $Z'_{\text{коорmax}}$  позволяет определить смещение плоскости анализатора вдоль оптической оси в то положение, при котором анализатор становится оптически сопряженным с удаленным на бесконечность изображением отверстия микродиафрагмы.

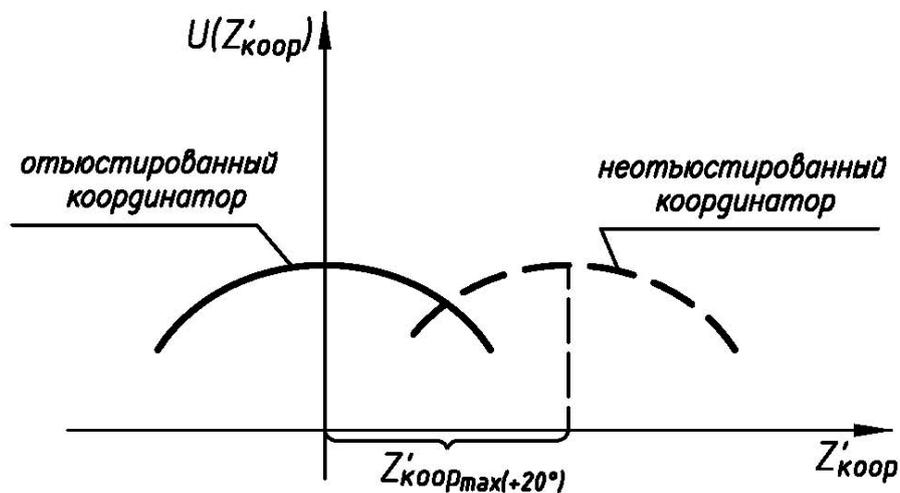


Рис. 3. Графики зависимости амплитуды сигнала  $U$  от величины  $Z'_{\text{коор}}$  при  $+20^\circ\text{C}$ .

Ниже приводятся формулы, связывающие фокусное расстояние объектива коллиматора  $f'_{\text{кол}}$ , фокусное расстояние объектива координатора  $f'_{\text{коор}}$ , расстояния между главными плоскостями указанных объективов и величину отрезка  $Z_{\text{кол}}$ . Для этого используются математические соотношения, являющиеся базовыми в теории идеальной оптической системы [2]:

$$\begin{cases} -z'_{\text{кол}} = -z_{\text{коор}} - \Delta; \\ \Delta = -l - f'_{\text{кол}} + f_{\text{коор}}; \\ z'_{\text{кол}} \cdot z_{\text{кол}} = f'_{\text{кол}} \cdot f_{\text{кол}}; \\ z'_{\text{коор}} \cdot z_{\text{коор}} = f'_{\text{коор}} \cdot f_{\text{коор}}, \end{cases}$$

откуда,

$$\begin{cases} -z'_{\text{кол}} = -z_{\text{коор}} - l + f'_{\text{кол}} - f_{\text{коор}}; \\ z'_{\text{кол}} = -\frac{(f'_{\text{кол}})^2}{z_{\text{кол}}}; \\ z_{\text{коор}} = -\frac{(f'_{\text{коор}})^2}{z'_{\text{коор}}}. \end{cases}$$

После преобразования системы уравнений в конечном счете получаем:

$$\frac{(f'_{\text{кол}})^2}{z_{\text{кол}}} = \frac{(f'_{\text{коор}})^2}{z'_{\text{коор}}} - l + f'_{\text{кол}} - f_{\text{коор}}.$$

При этом зависимость смещения плоскости изображения координатора  $Z'_{\text{коор}}$  от величины смещения микродиафрагмы относительно переднего фокуса коллиматора  $Z_{\text{кол}}$  имеет вид:

$$z'_{\text{коор}} = \frac{z_{\text{кол}} (f'_{\text{коор}})^2}{(f'_{\text{кол}})^2 + (l - f'_{\text{кол}} + f_{\text{коор}}) \cdot z_{\text{кол}}}$$

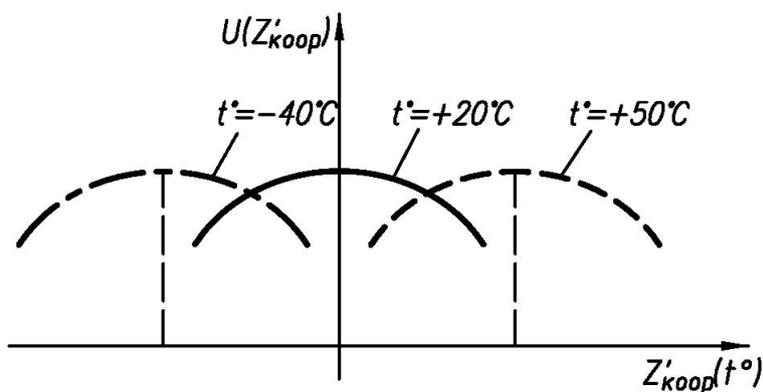


Рис.4. График зависимости амплитуды сигнала  $U$  от величины  $Z'_{\text{коор}}$  при разных температурах.

2. Изложенное в п.1 выполняется при нескольких фиксированных значениях температуры координатора. При каждой температуре определяется величина  $Z'_{\text{коорmax}}$ , которая соответствует максимуму амплитуды (рис. 4).

3. Результаты поиска зависимости  $Z'_{\text{коорmax}}$  от величины температуры  $t^\circ$  используются для построения графика (рис. 5).

4. При помощи указанного графика определяется область изменения функции  $Z'_{\text{коорmax}}(t^\circ)$  и находится её середина (координата  $\Delta$ ), по которой (см. ход штриховой линии на Рис. 5) отыскивается величина температуры координатора, соответствующая среднему значению  $Z'_{\text{коорmax}}$ .

Таким образом, при нормальной температуре  $+20^\circ\text{C}$  анализатор должен быть смещенным вдоль оптической оси координатора на величину  $\Delta$ , которая

обеспечивает минимальную дефокусировку изображения цели относительно плоскости анализатора во всем рабочем диапазоне температур.

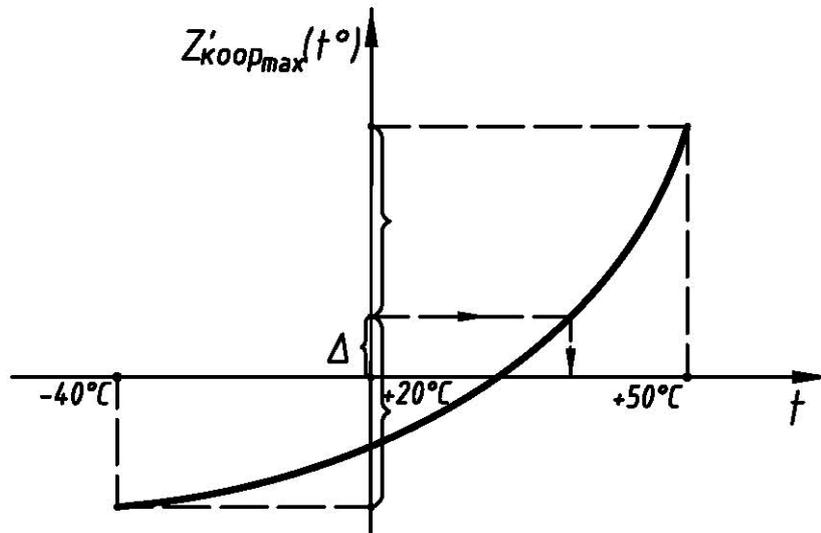


Рис. 5. График зависимости смещения плоскости изображения координатора  $Z'_{\text{коор}\max}$  от температуры  $t^\circ$ .

### Выводы

1. Предложенный в данной работе метод юстировки координаторов ИК-диапазона позволяет без использования сложной и дорогостоящей тепловизионной аппаратуры находить то положение анализатора, которое в рабочем интервале температур обеспечивает минимум возможного температурного дефокусирования изображения цели относительно плоскости его анализа.

2. Задачей дальнейших исследований, направленных на усовершенствование метода юстировки, должна стать разработка средств автоматизации выполнения юстировочных операций, что позволит существенно увеличить их производительность и точность.

### Литература

1. Погарев Г. В. Юстировка оптических приборов. – [2-е изд.]. – Л. : Машиностроение, 1982. – 187 с.
2. Бегунов Б. Н. Теория оптических систем : Учебное пособие для вузов. / Б. Н. Бегунов, Н. П. Заказнов. – М. : Машиностроение, 1973. – 488 с.
3. Гришин Б. С. Юстировка сложных оптических систем приборов. – М : Машиностроение, 1976. – 205 с.
4. Латыев С. М. Конструирование точных (оптических) приборов : Учебное пособие для вузов. – СПб. : Политехника, 2007. – 579 с.

### References:

1. Poharev G. V. Alignment of optical devices. – [2-nd ed.]. – L.: Mashinostroenie, 1982. – 187 p. [rus]

2. Begunov B. N. The theory of optical systems: High school textbook. / B. N. Begunov, N. P. Zakaznov. – M.: Mashinostroenie, 1973. – 488 p. [rus]
3. Grishin B. S. Alignment of complex optical systems. – M.: Mashinostroenie, 1976. – 205 p. [rus]
4. Latyev S. M. Design of precision (optical) devices: High school textbook. – SPt.: Politechnika, 2007. – 579 p. [rus]

**А.В. Молодик , О.А. Ткаченко**

*Казенне підприємство спеціального приладобудування «Арсенал», м. Київ, Україна*

**МЕТОД ЮСТУВАННЯ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ КООРДИНАТОРІВ ЦІЛІ**

Запропоновано метод юстування оптичної системи координаторів цілі, що працюють в інфрачервоному (ІЧ) діапазоні. Метод не потребує використання тепловізійної техніки. При юстуванні використовується випромінювання зі спектральним складом, що тотожний до випромінювання цілі, а також власний ІЧ-фотоприймач координатора. Показано, що метод юстування забезпечує в діапазоні робочих температур координатора мінімальне температурне розфокусування зображення цілі відносно площини аналізатора.

**Ключові слова:** температурне дефокусування, юстування інфрачервоного координатора.

**A. V. Molodyk , E. A. Tkachenko**

*Arsenal Special Device Production State Enterprise, Kyiv, Ukraine*

**THE METHOD OF ALIGNING ELECTRO-OPTICAL TARGET COORDINATORS**

The alignment method of the target coordinator's optical system working in an infra-red (IR) range is offered. The method doesn't demand application of thermal imagers. At the adjustment, radiation with spectral structure identical to the target's radiation, and also own coordinator's IR-photodetector is used. It is shown that the alignment method provides the minimum temperature defocusing of the image of the target concerning an analyzer plane in the coordinator's operating temperature range.

**Keywords:** thermal defocusing, the alignment of infrared coordinator.

*Надійшла до редакції  
26 квітня 2011 року*