

## МЕТОДИКА ЗА ПРОВЕРКА И ЮСТИРОВКА НА СТЕНД КОЛИМАТОР

**Ж. Жеков**

*Институт за космически изследвания – БАН*  
София 1000, ул. Московска 6, e-mail: zhekovz@yahoo.com

### **Ключови думи: юстировка, колиматор**

*Резюме: Окончателната юстировка, контрол и проверка с ъгломерни уреди в лабораторни, изпитвателни и заводски условия се осъществява на специално оборудвани стендове и колиматори, разположени под определен азимутен ъгъл на място. При проверка на колиматор, съвместява се центъра на въртене на оптичната система на теодолит, на който са отстранени колимационната грешка и наклона на хоризонталната ос при насочване на визирната ос.*

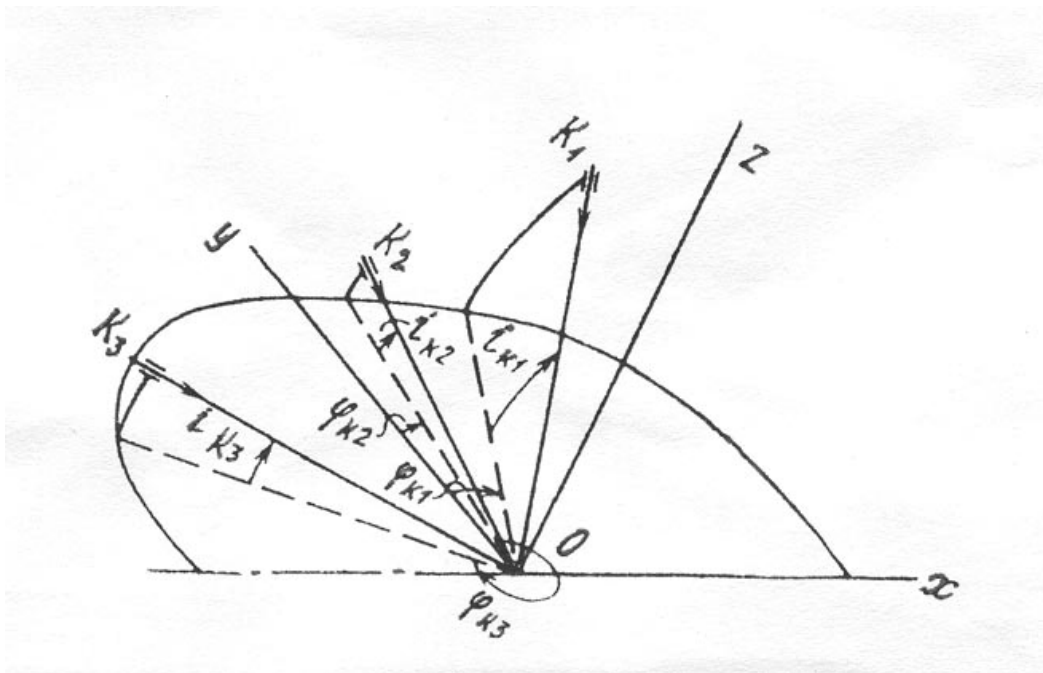
*В изследването е поставена задачата за определянето на ъглите  $\alpha$  и  $\beta$  на наклона на теодолита в две взаимно перпендикулярни равнини спрямо резултатите от измерването на светлинното изображение на Стенд колиматора, с известни координати. Целта е уточняване на измерените посредством теодолита ъгли  $\varphi_k$  и  $i_k$  на Стенд колиматора.*

Окончателната юстировка, контрол и проверка с ъгломерни уреди в лабораторни, изпитвателни и заводски условия се осъществява по специално оборудвани стендове и колиматори, разположени под определен азимутален ъгъл на ъгъл на място [1-4]. При проверка на колиматор се съвместява центъра на въртене на оптичната система на теодолит, на който са отстранени колимационната грешка и наклона на хоризонталната ос при насочване на визирната ос.

С помощта на теодолита се проверява съответствието на азимуталните ъгли  $\varphi_k$  и ъгъла на мястото  $i_k$  на колиматора (фиг. 1), техните нормални стойности и се извършва регулиране на направлението на визирната ос на колиматора посредством хоризонтиращите винтове (упори).

Независимо, че теодолит ТЕО 10 В притежава високо точна нивелираща ампула до 4"), винаги ще присъства незначителен по стойност наклон на вертикалната ос на въртене на теодолита, която от своя страна не води до различие между измерените с теодолита и реалните стойности на хоризонталните и вертикалните ъгли.

В изследването е поставена задачата за определянето на ъглите  $\alpha$  и  $\beta$  на наклона на теодолита в две взаимно перпендикулярни равнини спрямо резултатите от изследването на светлинното изображение на Стенд-колиматора, с известни координати, с цел уточняване на измерените с теодолита ъгли  $\varphi_k$  и  $i_k$  на Стенд-колиматора и отчитането на реалните ъгли  $i$  и  $\varphi$ .



Фиг. 1. Проверка на Стенд-колиматор

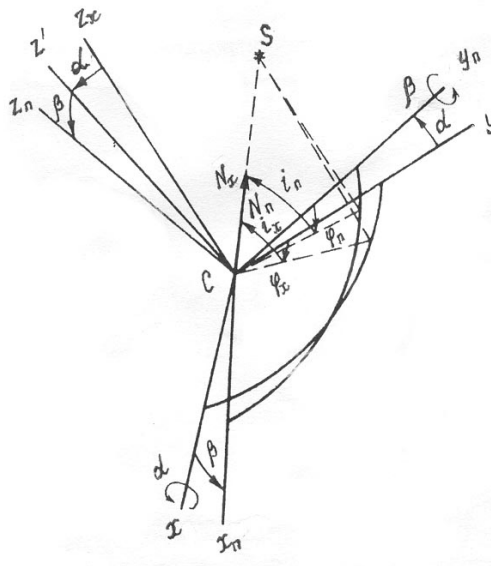
С теодолита се свързва система координати  $O_{x_n y_n z_n}$  - приборна, в следния вид:

оста  $z_n$  съвпада с вертикалната ос на въртене на теодолита;

оста  $x_n$  съвпада с хоризонталната ос на въртене на визирната тръба;

оста  $y_n$  съвпада с визирната ос на теодолита при нулеви отчет по вертикалния лимб.

Теодолитът се установява така, че оста  $y_n$  да лежи в равнината на началния меридиан. При отсъствие на грешки при установяването на теодолита, осите на приборната координатна система  $O_{x_n y_n z_n}$  съвпадат с осите на хоризонталната координатна система  $O_{x_x y_x z_x}$ . Подготовката на теодолита се съпровожда с неговата проверка за хоризонталност по равнина, в границите на допустимото отклонение на вертикалната ос на въртене на теодолита от линията на отвеса. В резултат на това се получава разсъгласуване на приборната и хоризонталната координатна система (фиг. 2), което води към различие между измерените с теодолита азимутален ъгъл  $\varphi_n$  и ъгъла  $i_n$ , от действителните стойности на  $\varphi_x$  и  $i_x$ . За определяне на зависимостта между измерените и действителните стойности на ъглите, се възползваме от матричния метод на пресмятане.



Фиг. 2. Положение на визирната ос на теодолита в хоризонталната  $O_{x_x y_x z_x}$  и приборна  $O_{x_n y_n z_n}$  координатна система

За установяване връзката между приборната и хоризонталната координатна система, може да се запише следният израз:

$$(1) \quad N_n = S_\beta S_\alpha N_x,$$

където  $N_n$  - визирна ос на теодолита в приборната координатна система  $O_{x_n y_n z_n}$ . Стойността  $N_x$  се определя от матрицата:

$$(2) \quad N_x = \begin{pmatrix} \cos i_x \sin \varphi_x \\ \cos i_x \cos \varphi_x \\ \sin i_x \end{pmatrix},$$

представляваща стълбова матрица, определяща визирната ос на теодолита при насочване в светлинното изображение на Стенд-колиматора в хоризонталната координатна система.

Определянето на  $S_\lambda$  се извършва посредством матрицата

$$(3) \quad S_\lambda = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix},$$

представляваща матрица за преобразуване на координатите при завъртане под ъгъл  $\alpha$  в равнината  $y_x O z_x$ .

Пресмятането на  $S_\beta$  се извършва посредством матрицата

$$(4) \quad S_\lambda = \begin{pmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta \end{pmatrix},$$

Представляваща матрица на преобразуване на координатите при завъртане на ъгъл  $\beta$  в равнината  $x_x O z_x$ .

Като се поставят матриците (2), (3) и (4) в израза (1) и след последователно умножение, с отчитане на това, че стойностите на  $\alpha$  и  $\beta$  са малки, т.е. при  $\sin \alpha = \alpha, \sin \beta = \beta$  и  $\cos \alpha = 1$  и  $\cos \beta = 1$ , се получава

$$(5) \quad N_n = \begin{vmatrix} \cos i_x \sin \varphi_x + \alpha \beta \cos i_x \cos \varphi_x - \beta \sin i_x \\ \cos i_x \cos \varphi_x + \alpha \sin i_x \\ \sin i_x + \beta \cos i_x \sin \varphi_x + \alpha \cos i_x \cos \varphi_x \end{vmatrix}.$$

От друга страна, както се наблюдава от фиг. 2:

$$(6) \quad N_n = \begin{vmatrix} \cos i_n \sin \varphi_n \\ \cos i_n \cos \varphi_n \\ \sin i_n \end{vmatrix}.$$

Сравнявайки изразите (5) и (6), може да се запишат следните уравнения

$$(7) \quad \cos i_n \sin \varphi_n = \cos i_x \sin \varphi_x + \alpha \beta \cos i_x \cos \varphi_x - \beta \sin i_x,$$

$$(8) \quad \cos i_n \cos \varphi_n = \cos i_x \cos \varphi_x + \alpha \sin i_x,$$

$$(9) \quad \sin i_n = \sin i_x + \beta \cos i_x \sin \varphi_x - \alpha \cos i_x \cos \varphi_x.$$

От уравнение (8) може да се определи  $\alpha$ :

$$(10) \quad \alpha = \frac{\cos i_n \cos \varphi_n - \cos i_x \cos \varphi_x}{\sin i_x},$$

а от уравнение (9):

$$(11) \quad \beta = \frac{\sin i_n - \sin i_x + \alpha \cos i_x \cos \varphi_x}{\cos i_x \sin \varphi_x}.$$

По този начин като се провеждат измервания на светлинното изображение на Стенд-колиматора, с известни хоризонтални координати  $i_n$  и  $\varphi_n$  в приборна координатна система, като посредством формули (10) и (11) се определят стойностите на наклона на теодолита  $\alpha$  и  $\beta$ .

Така при неподвижно закрепен теодолит не е трудно да се извърши прецизна проверка на юстировката на Стенд-колиматора и да се извърши корекция (при необходимост). При визиране в Стенд-колиматора, от лимба на теодолита се снемат отчети  $i_k$  и  $\varphi_k$ , съответно  $i$  и  $\varphi$ , корегирани с отчитане на грешки от  $\alpha$  и  $\beta$  за ъгъла на действителното положение на колиматора. Отчитайки уравнения (7), (8) и (9) с нови обозначения ( $i_k$  и  $\varphi_k$  вместо  $i_n$  и  $\varphi_n$ ,  $i$  и  $\varphi$  вместо  $i_x$  и  $\varphi_x$ ), се получава:

$$(12) \quad i = \arcsin \frac{\alpha(1 + \beta^2) \cos i_k \cos \varphi_k - \beta \cos i_k \cos \varphi_k + \sin i_k}{(1 + \alpha^2)(1 + \beta^2)}.$$

След изчисляване на  $i$  може да се определи  $\varphi$  на базата на уравнение (8):

$$(13) \quad \varphi = \arccos \frac{\cos i_k \cos \varphi_k - \alpha \sin i_k}{\cos i_k}.$$

Посредством представената методика за проверка и юстировка на Стенд-колиматор са извършени реални измервания и настройка на Стенд-колиматор 9B852У/CU-01.

В заключение следва да се отбележи, че е представена теоретична обосновка за практическа реализация на методика за проверка и настройка на Стенд-колиматор, която позволява с висока точност – до 10" определяне на стойността на ъглите  $i$  и  $\varphi$ . Представената методика е утвърдена и приета от ВМЗ – гр. Сопот, а разработените серия Стенд-колиматори успешно преминаха изпитвания по стандарт 1B12, описани в съответните придружаващи Протоколи.

#### Литература:

1. Жеков Ж., К. Вълчев. Апаратура за определяне на ъгловата координата и формиране на азимутални отметки. Сб. трудове от Научно-техническа конференция на под. 2810. София, 1988.
2. Жеков, Ж., И. Христов, С. Стоянов. Метод за юстировка на оптична система. Международна научна сесия ВВУАПВО "П. Волов", Шумен, 2001, част II, с. 416-422.
3. Жеков, Ж., Г. Мардиросян, И. Христов. Изследване на хода на осеви реален лъч в центрирана оптична система. Юбилейна научна сесия "100 години от рождението на Джон Атанасов", Шумен, 2003.
4. Getsov P., S. Stoyanov, I. Hristov, J. Jekov. Methods for estimating the internal noises in auto collimating devices, First international congress on mechanical and electrical engineering and technology MEET/MARIND' 2002, Technical University, Varna, 2002, p. 207 – 211.