СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1113698 A

(51) G 01 M 11/00; G 01 C 25/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

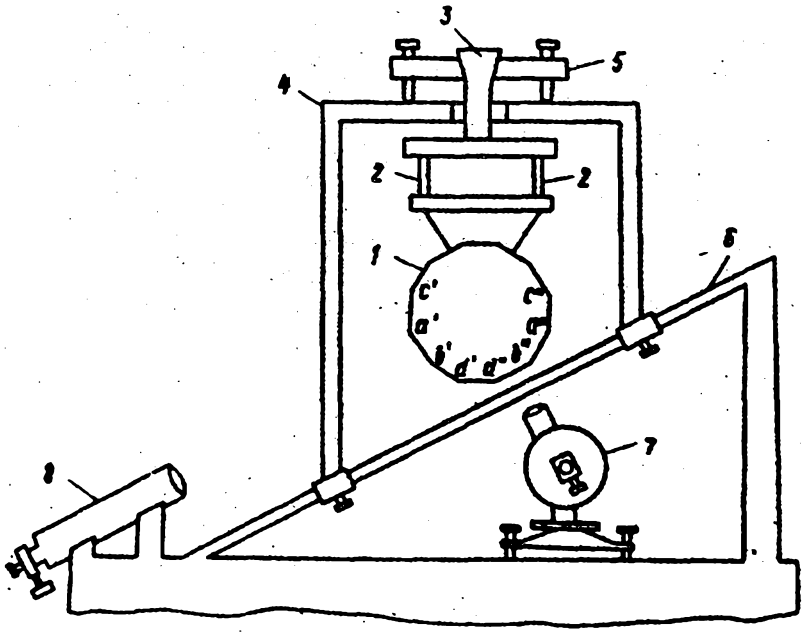
ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 3299269/18-10
(22) 08.06.81
(46) 15.09.84. Бюл. № 34
(72) С.С.Перуанский
(71) Казанский ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени государственный университет им. В.И.Ульянова-Ленина
(53) 528.521 (088.8)
(56) 1. Авторское свидетельство СССР № 763682, кл. G 01 C 1/00, 1978.

2. Шашкин В.И. Исследование систематических погрешностей астрономических теодолитов, обусловленных неправильной работой горизонтальной оси и боковым гнутием трубы. Труды ЦНИИГАиК, вып. 221, М., 1979, с. 14-15 (прототип).

(54)(57) 1. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОВЕРОК ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ, содержащее коллиматор с микрометром и светоотражающий элемент, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью повышения точности, светоотражающий элемент выполнен в виде многогранной призмы, фиксированной относительно отвесной линии так, что ее ребра параллельны горизонтальной плоскости, и установленной с помощью юстировочных винтов на платформе, имеющей возможность перемещения по направляющим, при этом коллиматор установлен так, что его оптическая ось перпендикулярна одной из граней призмы.



Фиг.1

SU (11) 1113698 A

2. Устройство по п.1, о т л и - ч а ю щ е е с я тем, что призма установлена с возможностью поворота вокруг вертикальной оси.

1

Изобретение относится к астрометрическому и геодезическому приборостроению и может быть использовано для исследования смещений визирной линии угломерного инструмента из-за бокового гнутия и неправильностей цапф при вращении трубы вокруг горизонтальной оси.

Известно устройство для поверок геодезических приборов, включающее эталонный коллиматор на общей подставке со столиком для установки испытуемого прибора и поворотный блок, размещенный между коллиматором и испытуемым прибором. Поворотный блок содержит оптическую систему, которая смещает и разворачивает пучок лучей от коллиматора в коллимационную плоскость испытуемого прибора [1].

Недостатком этого устройства является невысокая точность, обусловленная недостаточной жесткостью поворотного блока и коллимационной методикой рабочих измерений.

Наиболее близким по технической сущности является устройство для поверок геодезических приборов, содержащее коллиматор с микрометром и светоотражающий элемент [2].

Недостатками данного устройства являются высокие требования к жесткости, невысокая точность, связанная с коллимационной методикой измерений, и длительный процесс измерений из-за необходимости попеременного наведения на коллиматор светоотражающего элемента и поверяемого прибора.

Цель изобретения - повышение точности поверки.

Указанная цель достигается тем, что в устройстве для поверок геодезических приборов, содержащем коллиматор с микрометром и светоотражающий элемент, последний выполнен в виде многогранной призмы, фиксированной относительно отвесной линии так, что ее ребра параллельны горизонтальной плоскости, и установленной с

2

помощью юстировочных винтов на платформе, имеющей возможность перемещения по направляющим, при этом коллиматор установлен так, что его оптическая ось перпендикулярна одной из граней призмы.

При этом призма установлена с возможностью поворота вокруг вертикальной оси.

На фиг. 1 представлена схема предлагаемого устройства, вид сбоку; на фиг. 2 - принцип его работы.

Многогранная призма 1 с известными углами между гранями изготовлена из материала, имеющего коэффициент температурного расширения, близкий к нулю, что обеспечивает достаточную жесткость устройства. Чувствительная подвеска 2 позволяет призме совершать свободные колебания в вертикальной плоскости, параллельной боковым ребрам призмы, и сохранять горизонтальное положение этих ребер. Вертикальная ось 3 вращения призмы проходит через паз платформы 4 и вращается в подставке 5. Между направляющими 6 установлен исследуемый инструмент 7. Коллиматор 8 с микрометром закреплен так, что его визирная линия имеет зенитное расстояние, равное зенитному расстоянию нормали одной из граней призмы (фиг.1, грань $\alpha'\delta'$). Жескость крепления коллиматора вместе с жесткостью призмы обеспечивает точность измерений, поскольку деформации других деталей компенсируются чувствительностью подвески.

Направляющие 6, по которым перемещается платформа 4, устанавливаются параллельно визирной линии коллиматора с точностью порядка $0^{\circ},1$ при исследовании больших инструментов и $0^{\circ},5$ при исследовании теодолитов, чтобы грань $\alpha'\delta'$ перекрывала объектив коллиматора одинаково при любых установках платформы 4. Направляющие 6 могут быть выполнены горизонталь-

ными, но в этом случае опоры платформы 4 должны иметь переменную высоту.

При подготовке к измерениям исследуемый инструмент 7 устанавливают так, чтобы его коллимационная плоскость совпадала с вертикальной плоскостью, проходящей через визирную линию коллиматора 8. Платформе 4 придают такое положение, чтобы перед объективом горизонтально расположенной трубы исследуемого инструмента была установлена вертикальная грань (фиг.1, грань $c''a''$). Подставку 5 нивелируют, чтобы придать оси 3 вертикальное положение с точностью, которая обеспечивает возможность чувствительной подвеске приводить призму в неизменное положение по отношению к отвесной линии.

Устанавливают на микрометре этого инструмента бесколлимационный отсчет и совмещают автоколлимационное изображение вертикальной нити микрометра с самой нитью поворотом призмы вокруг вертикальной оси 3, после чего приступают к измерениям.

Определяют автоколлимационный отсчет микрометра исследуемого инструмента M''_{11}, используя грань $c''a''$, и отсчет μ'_{11} микрометра коллиматора 8, используя грань $a'b'$.

Выводят призму из равновесия и после того, как она остановится, снимают повторные отсчеты M''_{12}, μ'_{12} и т.д. Снимают N отсчетов M''_{1j}, μ'_{1j}, где $i = 1,2,\ldots,N$.

Поворачивают призму на 180 вокруг оси 3 и определяют аналогичные отсчеты микрометров M'_{1j} (по грани $c'a'$) и μ''_{1j} (по грани $a''b''$), $i = 1, 2,\ldots,N$.

Определяют среднее значение отсчетов

$$M''_1 = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} M''_{1j}; \quad M'_1 = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} M'_{1j};$$

$$\mu''_1 = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} \mu''_{1j}; \quad \mu'_1 = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} \mu'_{1j}$$

Затем переводят визирную линию исследуемого инструмента на высоту Δz, равную разности зенитных расстояний нормалей к смежным граням призмы. Платформе 4 придают такое положение, чтобы автоколлимационное изображение сетки нитей инструмента строилось с использованием грани, смежной с вертикальной (фиг.1, грань $a'b'$). Снимают отсчеты, аналогичные описанным: M'_{2j}, μ''_{2j}, M''_{2j}, μ'_{2j}, $j = 1,2,\ldots,N$.

Последовательность операций повторяют для всех граней нижней части призмы, нормали которых могут быть совмещены с визирной линией исследуемого инструмента вплоть до горизонтальной К-той грани (фиг.1, грань $d'd''$), которая дает отсчеты M'_{kj}, μ''_{kj}, M''_{kj}, μ'_{kj}, $j=1,2,\ldots,N$.

Если перед объективом инструмента при разных зенитных расстояниях z его визирной линии устанавливать плоское зеркало, нормаль к которому лежит в коллимационной плоскости инструмента, то автоколлимационные отсчеты микрометра при совмещении вертикальной нити с ее изображением являются функцией от зенитного расстояния z, коллимации c и наклонности горизонтальной оси инструмента i.

Круг ZPO (фиг.2) представляет коллимационную плоскость инструмента, дуга OO' – коллимацию c, угол $P'O'P''$ – наклонность горизонтальной оси i. Если бы инструмент обладал только одной погрешностью – коллимацией, то при установке визирной линии на разные z она двигалась бы по малому кругу $O'P'z'$ и угол между нормалью зеркала, лежащей в плоскости OPz, и визирной линией был бы всегда равен коллимации c

$$(M_z - M)R = c, \qquad (1)$$

где M_z – автоколлимационный отсчет микрометра на зенитном расстоянии z;

M – отсчет, принятый для нульпункта микрометра;

R – цена оборота микрометра.

При наличии наклонности горизонтальной оси i траекторией визирной линии является малый круг $O'P'z'$. Из узкого треугольника $P'O'P''$, в котором $O'P' = 90° - z$, $\angle P'O'P'' = i$, находим $P'P'' = i \cos z$ и уравнение (1) принимает вид

$$(M_z - M)R = c + i \cos z. \qquad (2)$$

Если определить автоколлимационные отсчеты M_z на разных зенитных расстояниях z, то получим систему уравнений (2), из которой по способу наименьших квадратов определяются i и c. Наличие бокового гнутия и неправильностей цапф приводит к тому, что невязки условных уравнений, полученные при подставке в них найденных i и c имеют систематическую зависимость от z, которая и представля

ет собой влияние этих погрешностей на отсчеты микрометра.

Таким образом, теория устройства выливается в учет факторов, которые отклоняют нормаль к зеркальной поверхности от коллимационной плоскости исследуемого инструмента. Таковыми факторами являются: повороты призмы вокруг вертикальной оси; ее наклонность, т.е. поворот вокруг горизонтальной оси, перпендикулярной к боковым ребрам; пирамидальность призмы (угол между линией пересечения граней, которые создают автоколлимационное изображение сетки нитей коллиматора и остальными гранями призмы).

На фиг. 2 угол ΔA_j - поворот призмы вокруг вертикальной оси, вследствие которого нормаль к грани пересекает небесную сферу не в точке коллимационной плоскости G, а в точке G', угол J_j - наклонность призмы, смещающая нормаль на величину $G'G''$ и γ - пирамидальность, поворачивающая нормаль на величину $G''G'''$. Таким образом, реальный автоколлимационный отсчет микрометра M_j отличается от бесколлимационного отсчета M_z на величину

$$M_z - M_j = GG' + G'G'' + G''G'''$$

Считаем, что направление нормали к грани является направление света, падающего на грань. Тогда в узких треугольниках $z\,GG'$ и $\varepsilon G'G''$ $z\,G = 180^\circ - z$, $\varepsilon G'' = 90^\circ - z$. Из этих треугольников

$$GG' = \Delta A_j \sin z, \quad G'G'' = J_j \cos z, \qquad (3)$$

Следовательно,

$$(M_z - M_j)R = \Delta A_j \sin z + J_j \cos z \qquad (4)$$

Величина γ_j должна быть заблаговременно определена при калибровке призмы, влияние наклонности J_j исключается благодаря чувствительной подвеске призмы.

Для определения поворотов призмы ΔA_j используется коллиматор 8. μ_0 - отсчет микрометра коллиматора, когда вертикальная нить его лежит в коллимационной плоскости исследуемого инструмента. Реальный автоколлимационный отсчет μ_j отличается от μ_0 вследствие наклонности призмы J_j и поворота ΔA_j. Согласно (3)

$$(\mu_j - \mu_0)\rho = \Delta A_j \sin z_k + J \cos z_k \qquad (5)$$

где ρ - цена оборота винта микрометра коллиматора;

z_k - зенитное расстояние визирной линии коллиматора.

Если бы визирная линия коллиматора лежала точно в коллимационной плоскости инструмента, то отсчет μ_0 равнялся бы отсчету μ, соответствующему нульпункту микрометра. На самом деле вертикальная плоскость, в которой лежит визирная линия коллиматора, и коллимационная плоскость инструмента образуют малый угол k_0, поэтому

$$(\mu_0 - \mu)\rho = k_0 \sin z_k. \qquad (6)$$

Из (5) и (6) определяется

$$\Delta A_j = (\mu_j - \mu)\rho \operatorname{cosec} z_k - J_j \operatorname{ctg} z_k - k_0. \qquad (7)$$

Из выражений (2), (4) и (6) получается уравнение для обработки наблюдений

$$c + i\cos z + k_0 \sin z = [M_j - M]R + [\mu_j - \mu]\rho \operatorname{cosec} z_k \sin z - J_j \operatorname{ctg} z_k \sin z + J_j \cos z + \gamma, \qquad (8)$$

Система уравнений (8) решается относительно неизвестных c, i, k_0 по способу наименьших квадратов. Невязки условных уравнений δ_z характеризуют влияние бокового гнутия и неправильностей цапф на отсчеты микрометра.

Чтобы получить поправки для компенсации этих погрешностей к отсчетам горизонтального круга ΔA_z, используется формула

$$\Delta A_z = \delta_z \operatorname{cosec} z_k. \qquad (9)$$

В уравнение (8) подставляются усредненные отсчеты, полученные для ℓ-той грани

$$c + i\cos z_\ell + k_0 \sin z_\ell = [M'_\ell - M]R + [\mu'_\ell - \mu]\rho \operatorname{cosec} z_k \sin z_\ell - J'_\ell \operatorname{ctg} z_k \sin z_\ell + J'_\ell \cos z_\ell + \gamma'_\ell$$

$$c + i\cos z_\ell + k_0 \sin z_\ell = [M''_\ell - M]R - [\mu''_\ell - \mu]\rho \operatorname{cosec} z_k \sin z_\ell - J''_\ell \operatorname{ctg} z_k \sin z_\ell + J''_\ell \cos z_\ell + \gamma''_\ell.$$

Для исключения влияния наклонности призмы J'_ℓ и J''_ℓ эти два уравнения складываются и делятся пополам. Члены, содержащие J'_ℓ и J''_ℓ, при этом сокращаются, так как $J_\ell = J''_\ell$ благодаря чувствительной подвеске. Окончательное уравнение имеет вид

$$c + i\cos z_\ell + K_0 \sin z_\ell = (M_\ell - M)R + (\mu_\ell - \mu)\rho \operatorname{cosec} z_\ell \sin z_\ell + \frac{1}{2}(\gamma'_\ell + \gamma''_\ell), \quad (10)$$

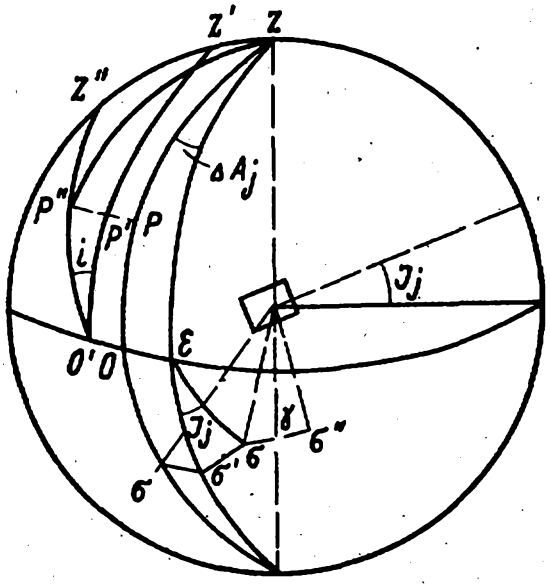
где $\mu_\ell = \frac{1}{2}(\mu'_\ell + \mu''_\ell)$ $M_\ell = \frac{1}{2}(M'_\ell + M''_\ell)$

Система уравнений (10) содержит столько уравнений, сколько рабочих граней призмы используется для определения отсчетов.

В предлагаемом устройстве точность определения повышается вследствие того, что требования к жесткости конструкции меньше, так как процедура сравнения отсчетов микрометра при $z = 90^\circ$ и при $z \neq 90^\circ$ занимает меньше времени, чем при использовании устройства-прототипа. Время исследования сокращается за счет того, что инструмент исследуется сразу и непосредственно с помощью светоотражающего элемента, тогда как в прототипе светоотражающий элемент используется сначала для промежуточной калибровки и только после этого на стенд устанавливается исследуемый инструмент.

Достичь высокой жесткости устройства проще, так как используется коллиматор, который можно установить на фундаменте, а не на кронштейне. Жескость призмы при ее изготовлении из материала с коэффициентом расширения, близким к нулю (например, из ситалла), достаточно высокая, в то время как цапфы эталонной оси снашиваются и требуют постоянного контроля. Деформации всех остальных деталей устройства компенсируются благодаря чувствительной подвеске призмы.

Выигрыш в точности измерений за счет большей жесткости устройства особенно заметен в случае исследования больших меридианных инструментов, так как построить достаточно жесткий кронштейн для крепления коллиматоров в этом случае весьма затруднительно. В устройстве используется только автоколлимационное визирование, которое вдвое точнее коллимационного, используемого в прототипе.



Фиг. 2

Составитель В.Наумов
Редактор А.Гулько Техред Т.Фанта Корректор Е.Сирохман

Заказ 6609/35 Тираж 822 Подписное
ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4