

УСТАНОВКА ОСИ УРОВНЯ КАМЕРЫ АФУ-75 В ПЛОСКОСТИ МЕРИДИАНА ПРИ ПОМОЩИ ЭКВАТОРИАЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ

При исследовании работы экваториальной платформы камеры АФУ-75 и при определении астрономических координат с помощью этой же камеры возникает необходимость установки оси уровня в плоскости меридиана или первого вертикала.

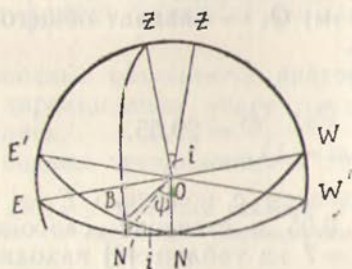


Рис. 1. Схема установки оси уровня камеры АФУ-75 в плоскости меридиана или первого вертикала.

Пусть на рис. 1 NEW — плоскость горизонта; Z — зенит; Z' — выход оси вращения камеры на небесную сферу; $NE'W'$ — плоскость, перпендикулярная линии OZ ; NZO — местный меридиан; BO — прямая, параллельная оси уровня, образующая с меридианом угол ψ .

В треугольнике BNN' сторона $BN=l$ является наклоном вертикальной оси на угол l и несовпадением оси уровня с плоскостью меридиана, причем $\angle BNN'=i$ и $\angle BNO=\psi$.

Из треугольника BNN'

$$\cos(90^\circ - l) = \sin i \cdot \sin \psi \quad (1)$$

или [1]

$$\sin l = \sin i \cdot \sin \psi. \quad (2)$$

Вследствие малости углов l , i и ψ получим

$$l'' = \frac{i'' \cdot \psi''}{\rho''}. \quad (3)$$

Пусть $l''=0,05$ и $i''=20''$, тогда

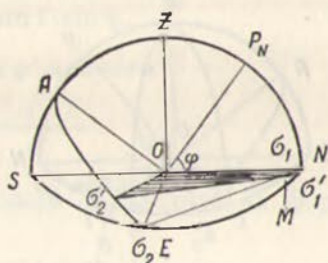
$$\psi'' = \frac{\rho' \cdot l''}{i''} = \frac{3438' \cdot 0,05}{20''} = 8,6. \quad (4)$$

Из-за грубой монтажки вертикальной оси вращения камеры АФУ-75 существующими методами невозможно установить ось уровня в меридиане с ошибкой меньше 8,6 [2].

Нами разработан простой способ установки оси уровня камеры АФУ-75 в меридиане при помощи ее экваториальной платформы.

Рассмотрим вкратце теорию и принцип работы экваториальной платформы [2]. Она представляет устройство, позволяющее в небольшом интервале времени (до 3^m) компенсировать суточное вращение небесной сферы. После каждого отслеживания объекта экваториальная платформа возвращается в исходное положение.

Рис. 2. Принцип работы экваториальной платформы.



На рис. 2 $\cup SEN$ — истинный горизонт; $\cup EA$ — небесный экватор; $\cup NM$ — суточная параллель; P_N — полюс мира; Z — зенит.

Пусть в некоторый начальный момент две звезды σ_1 и σ_2 находятся в точках севера N и востока E . При вращении небесной сферы звезда σ_1 будет перемещаться по своей суточной параллели, а звезда σ_2 — по небесному экватору, при этом плоскость треугольника $\sigma_1 O \sigma_2$ будет поворачиваться вокруг полярной оси OP_N .

Если в плоскости $\sigma_1 O \sigma_2$ установить в точке O астрономический инструмент и в начальный момент направить его оптическую ось на некоторую звезду, то при повороте плоскости треугольника $\sigma_1 O \sigma_2$ до некоторого положения $\sigma'_1 O \sigma'_2$ изображение этой звезды останется на оптической оси инструмента, так как при вращении небесной сферы взаимное расположение звезд остается неизменным.

Представим плоскость $O \sigma_1 \sigma_2$ в виде металлической конструкции с центром поворота в точке O , прямым углом $\sigma_1 O \sigma_2$ и направляющими соответствующей кривизны для передвижения вершин σ_1 и σ_2 и получим основание для установки телескопа, которое позволяет компенсировать суточное вращение небесной сферы.

При этом, как пишет К. К. Лапушка [2], необходимо предусмотреть для направляющей вершины σ_2 возможность поворота вокруг направления $O \sigma_2$ для установки по широте места наблюдений, возможность совмещения направлений $O \sigma_2 \parallel OE$ (следовательно, и $O \sigma_1 \parallel ON$) с закреплением окончательного положения и возможность нивелирования плоскости $O \sigma_1 \sigma_2 \parallel OEN$.

Для максимального упрощения конструкции часть круга экватора и суточной параллели в точках E и N конструктивно осуществлены в виде прямолинейных направляющих для всех широт пунктов наблюдений от 0° до $\pm 90^\circ$. Эти приближения вносят некоторую ошибку в отслеживание суточного вращения небесной сферы, но в масштабе снимка АФУ-75 ($1'' = 3,6 \text{ мкм}$) это ощутимого влияния на симметричность изображений звезд не оказывает.

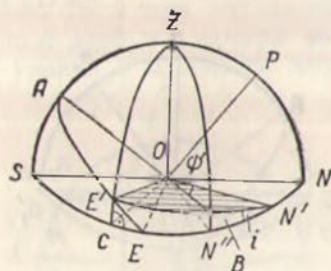


Рис. 3. Порядок определения ошибки установки оси уровня экваториальной платформы в плоскости меридиана.

Достаточная точность установки направления ON экваториальной платформы в плоскости меридиана составляет $1-2'$ [2]. Значит, ошибка установки оси уровня в плоскости меридиана будет состоять из ошибки установки оси уровня m_1 относительно направления ON экваториальной платформы и ошибки установки направления ON экваториальной платформы относительно полюса мира

$$m_{ур} = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}. \quad (5)$$

Если принять $m_{ур} = \pm 8,6'$ и $m_2 = \pm 4'$, то $m_1 = \pm 7,6'$.

Значит, чтобы ошибка в поправке за уровень не превосходила $0,05$, ошибка установки оси уровня относительно направления ON экваториальной платформы должна быть не больше $7,6'$.

Пусть на рис. 3 $\cup SEN$ — истинный горизонт; $\cup EA$ — небесный экватор; $ON'E'$ — подвижная плоскость экваториальной платформы; OB — ось уровня; $\cup ZC$ — вертикал точки E' .

Рассмотрим прямоугольный треугольник $EE'C$, в котором $\angle E'EC = 90^\circ - \varphi$; $\cup EE' = 15 \cdot \Delta t^s$, где Δt^s — время работы экваториальной платформы; $\cup CE' = i$ — наклон экваториальной платформы, тогда

$$\cos(90^\circ - i) = \sin(90^\circ - \varphi) \cdot \sin(15 \cdot \Delta t^s) \quad (6)$$

или

$$\sin i = \cos \varphi \cdot \sin(15 \cdot \Delta t^s) \quad (7)$$

Вследствие малости углов i и $15 \Delta t^s$ получим

$$i = 15 \cdot \Delta t^s \cos \varphi. \quad (8)$$

В треугольнике $BN'N''$: $\angle BN'N'' = i$, $\sphericalangle BN' = \psi'$; $\sphericalangle BN'' = l$ — наклонность оси уровня, вызываемая наклоном экваториальной платформы на угол i и несовпадением оси уровня с направлением ON экваториальной платформы.

Из треугольника $BN'N''$

$$\cos(90^\circ - l) = \sin i \cdot \sin \psi' \quad (9)$$

или

$$\sin l = \sin i \cdot \sin \psi. \quad (10)$$

Вследствие малости углов l , i и ψ' получим

$$l'' = \frac{i'' \cdot (\psi')''}{\rho''}. \quad (11)$$

Наклонность оси уровня l'' можно определить на формуле

$$l'' = [(\angle + \Pi)_1 - (\angle + \Pi)_2] \cdot \frac{\tau''}{2}, \quad (12)$$

где τ'' — цена деления уровня.

Принимая во внимание формулы (8), (11), (12), определим время работы экваториальной платформы

$$\Delta t^s = \frac{\rho' [(\angle + \Pi)_1 - (\angle + \Pi)_2] \cdot \frac{\tau''}{2}}{15 \cos \varphi \cdot (\psi')'}. \quad (13)$$

Если принять в формуле (13) $\frac{[(\angle + \Pi)_1 - (\angle + \Pi)_2]}{2} = 1$

делению шкалы уровня; $\tau'' = 2''$; $\varphi = 52^\circ$ и $\psi' = 7',6$, то $\Delta t^s = 100^s$.

Это означает, что если за 100^s работы экваториальной платформы пузырек уровня будет смещаться не более чем на одно деление шкалы, то ось уровня будет установлена в плоскости меридиана с ошибкой меньшей $8',6$.

Разворотом уровня можно добиться, чтобы пузырек практически оставался на одном месте в течение 100^s работы экваториальной платформы. Полное время работы экваториальной платформы составляет 175^s .

Эти выводы будут правильными лишь при условии, что направляющая в точке севера N строго горизонтальна. Согласно работе [2], достаточная точность нивелирования направляющей составляет $30''$ — $50''$. Оценим величину ошибки в показаниях уровня, вызываемую наклоном направляющей в точке севера N . Обратимся к рис. 1. При строго горизонтальной направляющей точка N экваториальной платформы будет перемещаться по $\sphericalangle NNE$. Пусть направляющая в точке N наклонена на угол i и ось уровня совмещена с направлением ON . Тогда точка N будет перемещаться по дуге NBE' .

Величину ошибки l в показаниях уровня можно вычислить по формуле (3). Если в ней принять $i=50''$ и $\psi=15 \cdot \Delta i^s \cdot 100^s$, то $l=0'',36$. Это составляет 0,2 деления шкалы уровня.

Чтобы установить ось уровня в плоскости первого вертикала, нужно выставить ее в плоскости меридиана и развернуть всю камеру вокруг вертикальной оси на угол 90° .

Таким образом, использование экваториальной платформы камеры АФУ-75 позволяет установить ось уровня в плоскости меридиана или первого вертикала с ошибкой, не превышающей $5'$.

Список литературы: 1. Кузнецов А. Н. Геодезическая астрономия. — М.: Недра, 1966. 2. Лапушка К. К. Спутниковая фотокамера АФУ-75. Руководство для работы. АО ЛГУ. Астросовет. АН СССР. — Рига—Москва, 1971.

Статья поступила в редколлегию 21. 01. 81