

В. Г. ШАПОШНИКОВ

**О ВЫВОДЕ НОРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СКЛОНЕНИЙ НА ОСНОВЕ
ЗЕНИТНОЙ СИММЕТРИИ СИСТЕМ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ НАБЛЮДЕ-**
НИЙ

(Представлено академиком В. Г. Фесенковым 13 I 1939)

Существует до сих пор неиспользованная возможность построения нормальной системы склонений, высокоточной как на экваторе, так и в прочих склонениях, методом, не требующим от индивидуальных систем (каталогов) точности в абсолютном отношении в обычном смысле.

Основные исходные положения метода—симметрия рефракции относительно зенита обсерватории и такая же симметрия систематических ошибок измерения зенитных расстояний. Поскольку оба эти положения выполняются, мы имеем очевидно возможность получить на основании таких измерений систему склонений, обладающую тем свойством, что дуги меридиана, симметрично расположенные относительно зенита и равные в данной системе склонений, равны и в действительности. Это положение распространяется на область нижних кульминаций, если для точек меридиана области ниже полюса пользоваться особой системой склонений, выведенной из наблюдений нижних кульминаций с теми же элементами редукции (рефракция и широта), с которыми получена система верхних кульминаций.

Условие симметрии рефракции выполняется со значительной точностью, конкретизировать которую было бы впрочем затруднительно. Условие же симметрии систематических ошибок является одним из наиболее естественных и осуществимых требований к меридианным наблюдениям. Притом возможные отступления от симметрии систематических ошибок для ряда обсерваторий должны быть явлениями случайными.

Для получения нормального каталога мы пользуемся исходной системой, подлежащей улучшению. Мы можем предполагать, что наша исходная система—это первое приближение нормальной системы.

Среди систем, являющихся нашим материалом, должно быть достаточное число систем с надежно определенными склонениями в соседстве с полюсом, т. е. таких, в которых широта получена по наблюдениям верхних и нижних кульминаций близполюсных звезд. Если широта получена иным приемом, система явится полноценным материалом для звезд всех склонений, кроме ближайших к полюсу. Полноценным материалом в своей области могут служить системы, полученные в низких широтах и не включающие вовсе склонений, близких к 90° . Мы можем допустить,

что исходная система для обеих областей в непосредственном соседстве с полюсами уже является нормальной системой и потому в улучшении не нуждается.

Существует ряд частных случаев, в которых задача имеет в известном смысле законченное решение уже для двух каталогов, полученных в подобранных некоторым образом широтах северного и южного полушария. Простейшим является случай широт $+30^\circ$ и -30° . Здесь определяются склонения $+30^\circ$ и -30° , как легко видеть непосредственно или на основании уравнений вида (2). В дальнейшем имеется в виду наличие ряда каталогов, полученных в разных широтах обоих полушарий.

Определим точки деления полуокружности например на 12 частей, т. е. точки, соответствующие склонениям с интервалом в 15° : $+75^\circ$, $+60^\circ$, $+45^\circ$, $+30^\circ$, $+15^\circ$, 0° , -15° , -30° , -45° , -60° , -75° .

Интервал между точками деления не является вполне произвольным. Условия его выбора указаны в дальнейшем.

Обозначим через

$$\Delta\delta_{+75}, \Delta\delta_{+60}, \dots, \Delta\delta_0, \dots, \Delta\delta_{-60}, \Delta\delta_{-75} \quad (1)$$

искомые систематические поправки исходной системы, переводящие ее в нормальную систему. Систему каждого индивидуального каталога мы считаем заданной совокупностью систематических поправок $\Delta\delta_{\delta}^i$ к исходной системе, где i — индекс каталога. Величины $\Delta\delta_{+90}^i$ и $\Delta\delta_{-90}^i$ не обязаны быть нулями.

Для обсерватории i на широте φ_i , рассматривая дугу от зенита до зенитного расстояния z , имеем выражение условия зенитной симметрии для системы верхних кульминаций в виде:

$$\Delta\delta_{\varphi_i-z} - 2\Delta\delta_{\varphi_i} + \Delta\delta_{\varphi_i+z} = \Delta\delta_{\varphi_i-z}^i - 2\Delta\delta_{\varphi_i}^i + \Delta\delta_{\varphi_i+z}^i \quad (2)$$

Для области $z > 90^\circ - |\varphi_i|$ условие имеет вид

$$\Delta\delta_{\varphi_i-z} - 2\Delta\delta_{\varphi_i} - \Delta\delta_{180-\varphi_i-z} = \Delta\delta_{\varphi_i-z}^i - 2\Delta\delta_{\varphi_i}^i - \Delta\delta_{180-\varphi_i-z}^{i*}; \varphi_i > 0 \quad (3N)$$

или

$$\Delta\delta_{\varphi_i+z} - 2\Delta\delta_{\varphi_i} - \Delta\delta_{z-\varphi_i-180} = \Delta\delta_{\varphi_i+z}^i - 2\Delta\delta_{\varphi_i}^i - \Delta\delta_{z-\varphi_i-180}^{i*}; \varphi_i < 0, \quad (3S)$$

где * обозначена величина, относящаяся к особой системе, полученной с помощью нижних кульминаций. Наличие уравнений вида (3) способствовало бы точности решения, но это наличие не обязательно. Мы исходим из возможности интерполировать линейно ошибки исходной системы в промежутках между основными избранными нами точками деления. При этом условии левые части уравнений вида (2) и (3) для любых φ_i и z легко преобразуются к основным неизвестным (1).

Для систем, полученных по наблюдениям, в высокой степени симметричным относительно зенита (приближающимся по постановке к наблюдениям на соответственных высотах), вес условного уравнения вида (2) или (3) не должен изменяться с зенитным расстоянием. Вообще же при возрастании z вес должен убывать.

Для характеристики точности, с какой могут быть найдены неизвестные, рассмотрим один из случаев строго достаточного числа уравнений. Таков случай трех каталогов, полученных в широтах $+30^\circ$, -30° и $+45^\circ$ — 11 уравнений вида (2) с 11 неизвестными. Решение линейной системы опускаем. Положив среднюю ошибку каждого уравнения равной $\pm \varepsilon$, на основании теоремы о средней ошибке линейной функции полу-

чаем следующие средние ошибки искомых поправок (с точностью до 0. в коэффициентах):

$$\begin{array}{llll} \varepsilon_{+75} = 1.9\varepsilon; & \varepsilon_{+30} = 0.7\varepsilon; & \varepsilon_{-15} = 2.5\varepsilon; & \varepsilon_{-60} = 1.6\varepsilon; \\ \varepsilon_{+60} = 0.9\varepsilon; & \varepsilon_{+15} = 1.4\varepsilon; & \varepsilon_{-30} = 0.7\varepsilon; & \varepsilon_{-75} = 1.7\varepsilon. \\ \varepsilon_{+45} = 0.7\varepsilon; & \varepsilon_0 = 1.4\varepsilon; & \varepsilon_{-45} = 2.5\varepsilon; & \end{array}$$

Если учесть, что ошибка ε зависит только от неполной зенитной симметрии взятых каталогов (кроме погрешностей вывода систематических разностей каталогов), полученную точность решения следует признать удовлетворительной.

Условные уравнения, относящиеся к разным зенитным расстояниям в одном и том же каталоге, не полностью независимы. Поэтому нельзя искать поправки системы этим путем через слишком малые интервалы. Интервал не должен быть также слишком велик, чтобы ошибки исходной системы можно было линейно интерполировать.

Если каталоги охватывают большой промежуток времени, то нетрудно ввести в уравнения вида (2) и (3) неизвестные поправки собственных движений исходной системы.

Если индивидуальные каталоги удовлетворяют условию зенитной симметрии в отдельных зонах прямого восхождения, то отпадают ошибки вида $\Delta\delta_\alpha$.

Высокоточный материал для контроля основных точек системы склонений можно было бы получить посредством наблюдений зенит-телескопами. Если наблюдения относятся к звездам со склонениями s , ζ и n , где ζ близко к φ , то они дают начало уравнению

$$\Delta\delta_s - 2\Delta\delta_\zeta \pm \Delta\delta_n = 2(\varphi_\zeta - \varphi_{n,s}), \quad (4)$$

где $\Delta\delta$ с индексами — попрежнему поправки склонений исходного каталога, φ_ζ — широта, полученная по зенитной звезде, $\varphi_{n,s}$ — широта, полученная по паре звезд со склонениями n и s , причем для вычисления широты склонения взяты из исходного каталога. В левой части знаки \pm относятся соответственно к верхней и нижней кульминациям.

Достаточно было бы четырех станций, расположенных в разных широтах, по две в каждом полушарии — северном и южном. Близполюсные звезды должны быть определены обычным путем меридианными или вертикальными кругами. Результатом такого предприятия было бы установление высокоточной системы склонений для эпохи наблюдений, а при повторении этой работы через несколько десятков лет — установление высокоточной системы собственных движений.

Для такой работы очень желательны были бы инструменты, допускающие измерение разностей зенитных расстояний до $2-3^\circ$. Они позволили бы обойтись минимальным дополнением существующих фундаментальных списков звезд, которые строились и будут строиться на основании целого ряда соображений.

Поступило
45 I 1939.