

С.А.Коробков, В.А.Голованов
Санкт-Петербургский горный ин-т, Россия

ПРЕДРАСЧЕТ СБОЕК ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НА ОСНОВЕ ВЕКТОРИАЛЬНЫХ ОШИБОК

В статье на основе теории векториальных ошибок представляется новая методика предрасчетов точности сбойки для выработок любой пространственной конфигурации. В этой методике в качестве исчерпывающей характеристики точности координатных определений общей точки сбойки принимается ее эллипсоид ошибок.

In the article because of new technique calculation of an exactitude point of meeting for developments(manufactures) of any space configuration is represented to the theory векториальных errors. In this technique as comprehensive performance of an exactitude of coordinate definitions a generic point сбойки the ellipsoid errors is accepted.

Точность пространственного положения определяемой точки достаточно строго характеризуется средним квадратическим эллипсоидом ошибок с параметрами $M_{\max}$, M_{med} и $M_{\min}$, которые несложно определяют при рассмотрении системы векториальных ошибок. Сравнение параметров двух таких эллипсоидов, рассчитанных по элементам двух встречных полигонометрических ходов, позволит судить о степени ожидаемого с двух сторон совпадения общей точки сбойки.

При проведении подземного полигонометрического хода возникают следующие векториальные ошибки: e_s — измеренной длины линии S ; e_t — горизонтального угла β или дирекционного угла t ; e_h — превышения h ; e_z — зенитного расстояния z ; e_g — ошибка гироскопического азимута A_g . Поскольку векториальные ошибки e_i представляют собой двунаправ-

ленные векторы, на простых примерах уточним «геометрию действия» этих ошибок на точность положения определяемой точки.

Пусть, к примеру, для определения пространственного положения точки K_2 относительно пункта K_1 измерены: длина линии S_{12} с точностью $\pm m_s$, горизонтальный угол β_{12} с точностью $\pm m''_{\beta}$, превышение h_{12} с точностью $\pm m_h$.

Очевидно, что наличие случайных ошибок в результатах измерений приведет к смещению точки K_2 относительно ее безошибочного положения. Так, случайная ошибка $\pm m_s$ в длине линии S_{12} вызовет смещение точки K_2 «вперед-назад» вдоль направления этой линии на отрезок $e_s = \pm m_s$. Случайная ошибка $\pm m_{\beta}$ в значении угла β_{12} приведет к смещению точки K_2 «вправо-влево» относительно луча визи-

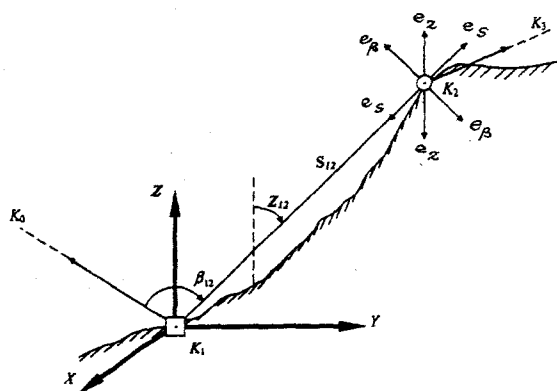


Рис.1. Направленные погрешности

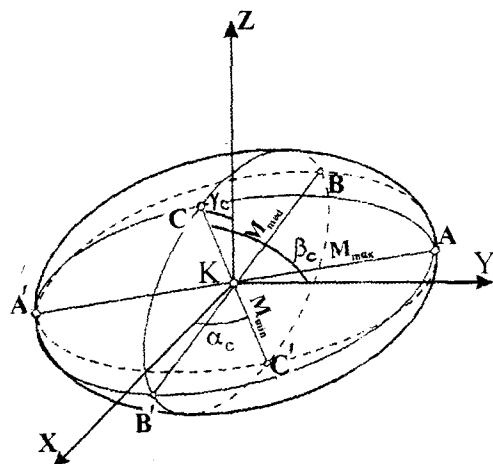


Рис.2. Эллипсоид ошибок

рования S_{12} с его дирекционным углом t_{12} на отрезок: $e_t = \pm(m_\beta''/\rho'')S_{12}$. Наконец, случайная ошибка $\pm m_h$ в значении превышения h_{12} вызовет смещение точки K_2 «вверх-вниз» на отрезок $e_h = \pm m_h$.

Из примеров следует, что каждая векториальная ошибка e_i состоит из двух элементов: случайной ошибки измерений $\pm m_i$ и линии, вдоль которой смещается определяемая точка. На рис.1 возможные сдвиги точки K_2 показаны парами взаимно-обратных векторов. В итоге при этой вершине возникает веер двусторонних векторов, отождествляющих совокупное влияние всех векториальных ошибок на положение точки.

Поскольку векториальная ошибка $\bar{e}_i$ является объектом векторного вида, задавать ее будем уравнением в векторной форме:

$$\bar{e} = |e| \cos \alpha \cdot \bar{i} + |e| \cos \beta \cdot \bar{j} + |e| \cos \gamma \cdot \bar{k}, \quad (1)$$

где $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$ – орты прямоугольной системы координат; α, β, γ – ориентирующие углы вектора относительно осей координат; каждый из этих углов отсчитывается от положительного направления соответствующей оси.

Положение вектора вполне определяется еще и углами Ψ и θ , причем $\Psi = 360 - t$. Угол θ может принимать значения в пределах $\pm \pi/2$, а угол ψ – от 0 до 2π . Зависимости между углами следуют из рис.2:

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \cos \psi \cos \theta; \\ \cos \beta &= \sin \psi \cos \theta; \\ \cos \gamma &= \sin \theta. \end{aligned} \quad (2)$$

В теоретической части предлагаемой методики оценки точности сбойки представим основные формулы и положения в соответствии с работой С.А.Коробкова*.

При прокладке полигонометрических ходов вдоль проектируемого тоннеля на каждой определяемой вершине хода возникнут векториальные ошибки e_s, e_b, e_h . Их суммарное влияние на точность положения точки сбойки можно описать тензором ошибок

$$M = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

компоненты которого определяются равенствами:

* Коробков С.А. Тензор ошибок на плоскости и в пространстве // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2000. № 2. С. 3-20.

$$\left. \begin{aligned} m_{11} &= [e^2 \cos^2 \alpha]; \quad m_{12} = [e^2 \cos \alpha \cos \beta] \\ m_{22} &= [e^2 \cos^2 \beta]; \quad m_{13} = [e^2 \cos \alpha \cos \gamma] \\ m_{33} &= [e^2 \cos^2 \gamma]; \quad m_{23} = [e^2 \cos \beta \cos \gamma] \end{aligned} \right\}. \quad (4)$$

Эти равенства содержат полную информацию о всех векториальных ошибках, определяющих точность конечной точки полигонометрического хода, поскольку они составляются по уравнениям (1) для каждой определяемой вершины и суммируются по всему ходу.

Тензору (3) ставится в соответствие поверхность второго порядка – эллипсоид ошибок. Его полуоси $M_{\max}$, M_{med} , $M_{\min}$ оп-

ределяются корнями λ_i ($i = 1, 2, 3$) основного уравнения

$$\lambda^3 - S_1 \lambda^2 + S_2 \lambda - S_3 = 0. \quad (5)$$

Оценка точности сбойки и будет характеризоваться этим эллипсоидом, т.е. значениями его полуосей и их ориентировкой относительно OX , OY , OZ прямоугольной системы координат.

Для отыскания ориентирующих углов α , β , γ каждой полуоси эллипсоида ошибок эти полуоси представляются векторами A , B , C для $M_{\max}$, M_{med} , $M_{\min}$ соответственно.

В указанной работе С.А.Коробкова приведен пример определения элементов эллипсоида ошибок.