

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВКИ КОМПАСА ПРИ ИЗЫСКАНИИ ТРАСС ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Давидсон Н.Н., Давидсон С.Н., Кобазев В.П.
Донецкий национальный технический университет
c12@elf.dgtu.donetsk.ua

A method improvement of graphic determination of the compass correction at the seeking of electricity transmission lines plans is considered in article. Shown, that for determination of luminary azimuth is possible application of Avclide trigonometry. For this the cross-section of sphere by three planes is implemented: on observer meridian, on almucantar and on parallel. An offered graphanalytical principles of determination of the compass corrective are described.

Введение. Определение поправки компаса при изыскании трасс ЛЭП является одной из важных задач ориентирования на местности. Стрелка компаса не устанавливается в направлении истинного меридиана вследствие наличия склонения и девиации, исходя из предположения о том, что ось стрелки не совпадает с вектором напряженности магнитного поля Земли.

Как известно, азимут – это угол между меридианом точки стояния и направлением на наблюдаемый объект (на рис. 1 это Δ). В связи с тем, что меридиан может быть компасным или магнитным, или истинным, то и соответственно азимут бывает компасный (КА), магнитный (МА) и истинный (ИА). На рис.1 приведены виды азимута объекта [1,2].

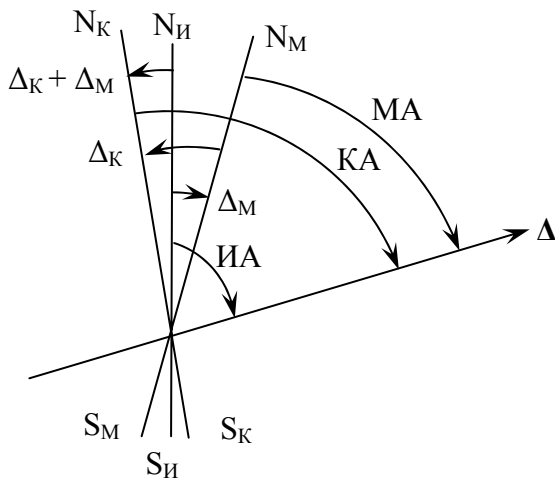


Рисунок 1 – Виды азимута объекта

Анализ предшествующих исследований. Для определения истинного азимута по компасному обычно учитывают склонение и девиацию. Алгебраическая сумма этих поправок называется вариацией или поправкой компаса: $\Delta_{KM} = \Delta_M + \Delta_K$.

Следовательно, истинный азимут можно определить по соотношению (рис.1):

$$IA = KA + \Delta_{KM}. \quad (1)$$

Из рис. 1 получим также соотношения для взаимного определения различных видов азимута:

$$MA = KA + \Delta_K \quad (2)$$

или

$$MA = IA + \Delta_M. \quad (3)$$

Подставим (2) в (3) и после преобразований получим соотношение (1):

$$IA = KA + (\Delta_M + \Delta_K) = KA + \Delta_{KM}.$$

Поправку компаса в соответствии с (1) практически определяют как разность истинного и компасного направления на светило в один и тот же момент времени:

$$\Delta_{KM} = IA - KA. \quad (4)$$

Величина склонения Δ_M изменяется в течение суток, из-за магнитных бурь и прочих причин, поэтому точность определения истинного азимута может составлять не более $0,5^\circ$.

В [1] отмечено, что как и при расчетах с помощью специальных таблиц и логарифмов тригонометрических функций [4], так и при использовании других методов, правильность результатов вычислений должна контролироваться повторным их выполнением должна контролироваться другим методом.

Задачи исследования. Предельная ошибка из-за суточного изменения склонения Δ_M принимается $0,25^\circ$ ($15'$) [3]. В то же время при помощи хордоугломера можно измерить угол и построить его на чертеже с точностью не менее $3,6'$. Следовательно, ошибка, вызванная изменением во времени Δ_M , больше средней ошибки графического определения истинного азимута. Поэтому использование существующих графических методов и разработка новых является актуальной задачей.

Цель работы. Разработка простого и вместе с тем достаточно точного графического метода определения координат светила на заданный момент времени для контроля правильности расчетов, выполненных при помощи существующих методов, а также в качестве самостоятельного метода расчета.

Изложение основного материала. Для определения положения светила на небесной сфере предлагается использовать пересечение двух кругов альмукантарата и небесной параллели. Альмукантарат светила – это плоскость малого круга, которая параллельна истинному горизонту. Небесная параллель представляет собой плоскость малого круга, которая параллельна небесному экватору (рис.2).

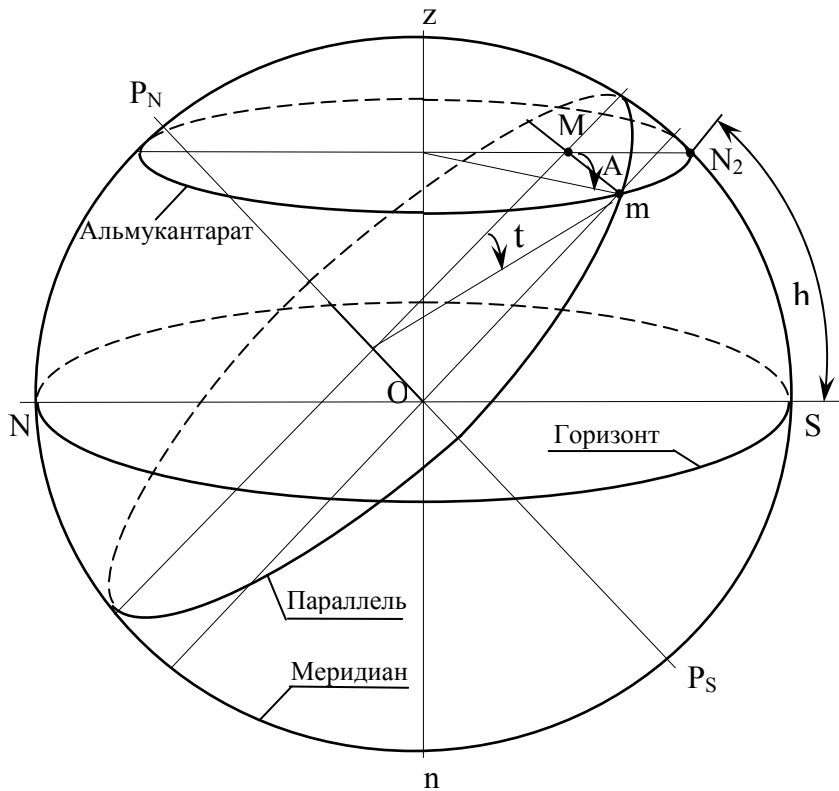


Рисунок 2 – расположение на небесной сфере альмукантарата и параллели светила

Выполним проекцию небесной сферы (западную ее часть) на плоскость меридиана наблюдателя методом параллельного прямоугольного проецирования. При этом истинный горизонт, экватор, альмукантарат и параллель светила изобразятся прямыми линиями (рис.3,а). Затем воспользуемся аксиомой о том, что три плоскости, не проходящие через одну прямую, пересекаются в одной точке. В соответствии с этой аксиомой, плоскости меридиана наблюдателя, альмукантарата светила, параллели (пути) светила пересекутся в точке М.

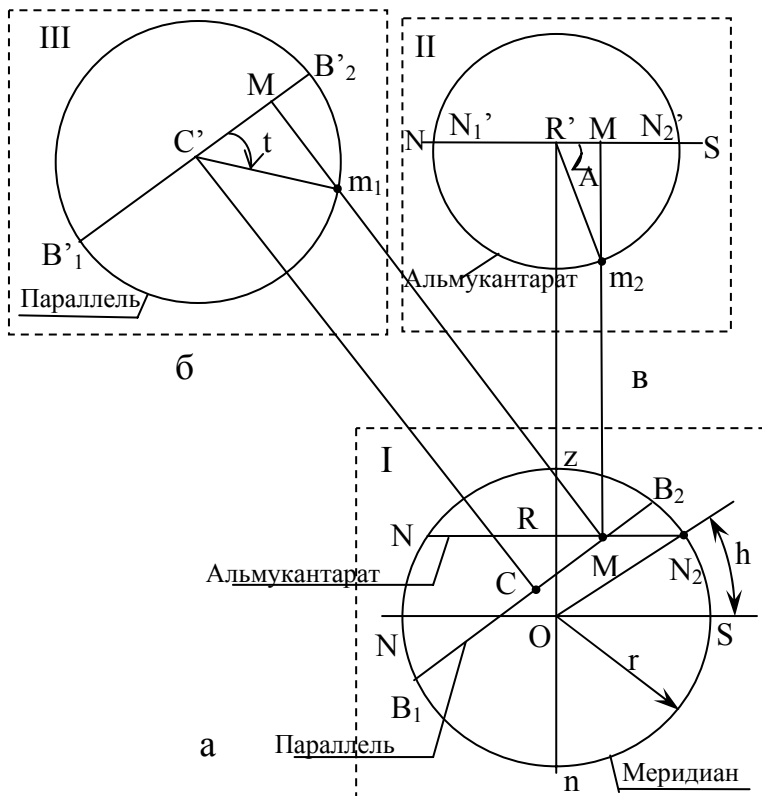


Рисунок 3 – Графическое определение координат светила

На рис.3 приняты следующие обозначения: z – зенит, n – надир, N_1, N_2 – альмукантарат, B_1, B_2 – параллель светила, t – часовой угол светила, A – азимут светила, который отсчитывается от направления на юг, h – высота светила относительно горизонта.

На практике для определения положения азимута светила при наблюдениях замечают точное гринвичское время. Покажем путём несложных геометрических построений, как часовой угол определяет положение светила m на небесной сфере (рис.2). Проведем перпендикуляр к середине s параллели B_1, B_2 (рис.2,а) и на некотором расстоянии от неё построим окружность радиусом, равным половине отрезка B_1, B_2 . Через её центр C' проводим диаметр, параллельный отрезку B_1, B_2 . Из точки M проводим перпендикуляр к диаметру. В результате на окружности получим точку m_1 . Соединяем эту точку с центром окружности C' . Часовой угол t определяется углом B_2, C', m_1 .

От положения светила также зависит величина азимута. Для иллюстрации этой связи выполняются следующие построения.

Через точку М проводится хорда параллельно горизонту (линия NS на рис.2,а). Через точку R, расположенную на середине хорды, проводим перпендикуляр. Затем на нём в точке R' строится окружность радиусом $RN_1=RN_2$. Для определения азимута через точку М проводим линию, параллельную линии R, R', и получаем на окружности точку m_2 . После этого определяется азимут А (угол S, R', m_2).

При помощи геометрических построений можно определить азимут светила по его высоте h (угол N_2OS). Схемы построения для этого случая показаны на рис. 3,а и рис. 3,б.

Для аналитического определения азимута светила в известных методах используют формулы сферической тригонометрии, что усложняет расчеты. В предлагаемом методе необходимые для расчета соотношения можно получить при помощи обычной тригонометрии в плоскости сечения сферы вспомогательными плоскостями. Выполним сечение сферы тремя плоскостями: по меридиану наблюдателя плоскость I (рис.4), по альмукантарату плоскость II (рис.3,в) и по параллели плоскость III (рис.3,б).

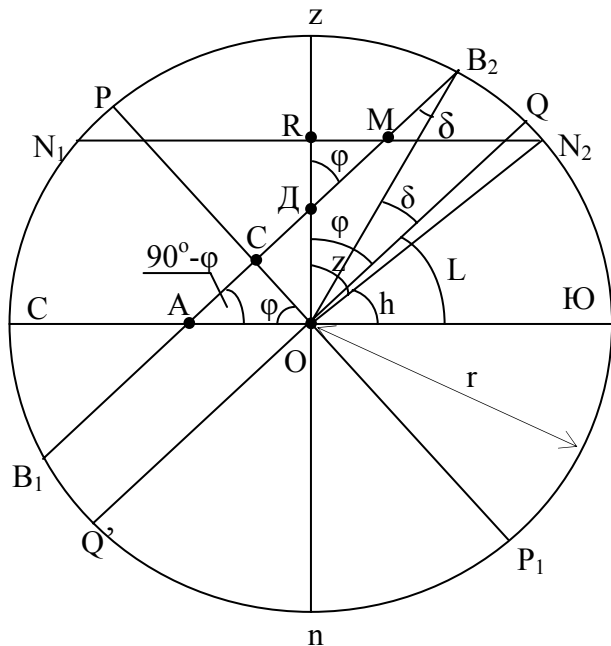


Рисунок 4 – Небесная сфера в проекции на плоскость меридиана

угольника ΔOCB_2 имеем:

$$CB_2 = OB_2 \cdot \cos \delta = r \cdot \cos \delta, \quad (9)$$

где δ - угол склонения светила.

Подставим в (7) вместо C_m выражение (9):

$$Mm = r \cdot \cos \delta \cdot \sin \alpha \quad \text{или} \quad \sin Z \cdot \sin \alpha = \cos \delta \cdot \sin \alpha \quad (10)$$

Сравнительный анализ соотношения (10) с соотношением, полученным с использованием сферической тригонометрии [5] показал, что они совпадают.

Используя плоскости I, II и III авторами было также получено соотношение:

$$\operatorname{ctg} \alpha = \sin \varphi \cdot \operatorname{ctg} \delta - \cos \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \operatorname{cosec} \alpha. \quad (11)$$

Соотношение (11) тоже используется для расчета азимута светила, но она не логарифмическая и при расчете необходимо исследования знаков тригонометрических функций в правой части (10).

Для более точного определения азимута А вблизи точки юга предлагается следующий графический метод. При этом проектируется параллельно отвесной линии небесный экватор на плоскость горизонта. На рис.5 это эллипс. Азимут светила А определяет точку эллипса М с координатами x_1 и y_1 .

Пучок прямых проходящих через точку М, описывается следующим уравнением:

$$y - y_1 = k(x - x_1). \quad (12)$$

Коэффициент k определяет, какая прямая из пучка рассматривается. Для случая показанного на рис.5 имеем:

$$k = \operatorname{tg} \alpha_2 = \operatorname{tg}(90^\circ - \alpha) = \operatorname{ctg} \alpha.$$

При $x=0$ с учетом рис.5 имеем $y=B$. Подставим это значение в (12):

$$y_1 = k \cdot x_1 + B \quad (13)$$

Выполним аналитическое определение азимута светила при помощи плоскостей I, II и III.

В плоскости II из прямоугольного треугольника ΔRMm получим:

$$Mm = Rm \cdot \sin \alpha, \quad (5)$$

где сторона прямоугольного треугольника Rm равна отрезку $RN=RN_1=RN_2$ в плоскости I (см. рис. 3).

В плоскости I из прямоугольного ΔORN имеем:

$$RN = ON \cdot \sin Z = r \cdot \sin Z, \quad (6)$$

где Z – зенитный угол, равен $90^\circ - h$; r – радиус небесной сферы.

Подставим в (5) вместо Rm (6):

$$Mm = r \cdot \sin Z \cdot \sin \alpha. \quad (7)$$

В плоскости III из прямоугольного треугольника ΔCMm можно получить еще одно соотношение для определения стороны Mm:

$$Mm = C_m \cdot \sin \alpha, \quad (8)$$

где сторона C_m (радиус окружности) равна отрезку CB_2 в плоскости I (см. рис. 3).

В плоскости I рис.4 из прямоугольного тре-

Параметрическое уравнение эллипса для точки М имеем:

$$\begin{cases} x_1 = R \cdot \sin t \\ y_1 = R \cdot \sin \varphi \cdot \cos t. \end{cases} \quad (14)$$

С учетом (14) преобразуем (13) к виду:

$$R \cdot \sin \varphi \cdot \cos t = \operatorname{ctg} A \cdot R \cdot \sin t + B. \quad (15)$$

Решим уравнение (15) относительно $\operatorname{ctg} A$:

$$\operatorname{tg} A = \frac{R \cdot \sin t}{R \cdot \sin \varphi \cdot \cos t - B}. \quad (16)$$

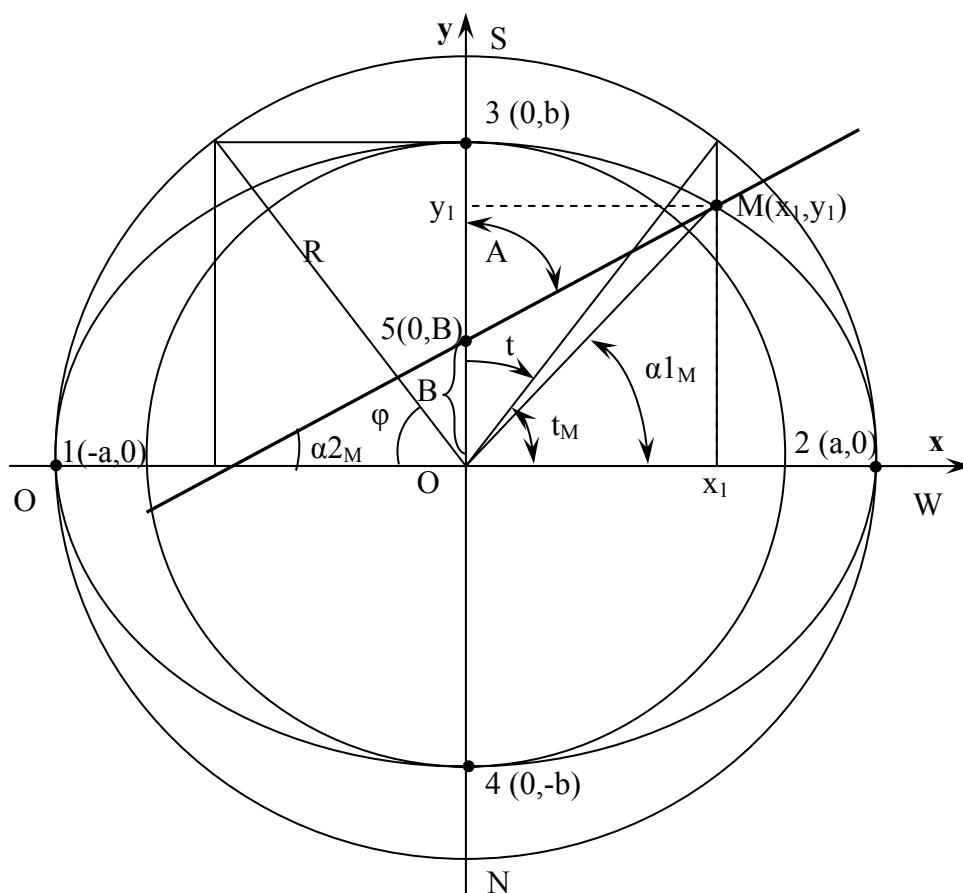


Рисунок 5 – Графическое определение азимута светила

Соотношение (16) сравним с известным из [5]. В результате получим выражение для аналитического определения отрезка В:

$$B = R \cdot \cos \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta.$$

Этот отрезок также может быть определен графически. Для определения азимута светила на рис. 5 необходимо соединить точку 5(0,В) на линии NS с точкой М на эллипсе.

Предлагаемый метод (рис.5) отличается от известных тем, что для графического определения азимута используется всего один эллипс для всех светил на данной широте.

При использовании предложенных методов известный порядок определения поправки компаса сохраняется, но определение истинного азимута определяется при помощи одного из предложенных методов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.И. Файн Навигация, лоция и мореходная астрономия.-М.: Транспорт, 1989.-271с.
 2. Пандул И.С. Астрономические определения по солнцу для географов, геологов и топографов.-М.:Недра, 1983.-129с.
 3. The mariner's handbook.-sixth edition, 1989.-p. 225/
 4. Мореходные таблицы 1975 г. (МТ-75).-М.:МО СССР, 1975.- 322с.
 5. Справочник геодезиста. Книга 1. Под редакцией Б.Д. Большакова и Г.П. Левчука.-М.:Недра, 1975.-544 с.
- Рекомендовано д.т.н. Куринним Е.Г.*