

УДК 656.61.052

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ И НАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОДНОЗЕРКАЛЬНОГО СЕКСТАНА****Безбородов Святослав Андреевич<sup>1</sup>**, аспирант*e-mail:* [svyatoslav.b37@gmail.com](mailto:svyatoslav.b37@gmail.com)**Сичкарёв Виктор Иванович<sup>1</sup>**, доктор технических наук, профессор*e-mail:* [svny89@mail.ru](mailto:svny89@mail.ru)<sup>1</sup> Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск, Россия

**Аннотация.** Рассматриваются графические схемы получения навигационного параметра, в зависимости от измеряемого инструментального параметра. Устанавливается их взаимосвязь. Анализируются случаи получения навигационных параметров в зависимости от расположения светил, и их применение в решении графоаналитических задач по определению места судна.

**Ключевые слова:** навигационный параметр, инструментальный параметр, линии положения, сумма высот, разность азимутов, разность высот, высота светила.

**INTERRELATION OF INSTRUMENTAL PARAMETERS AND NAVIGATION PARAMETERS WHEN USING A SINGLE-MIRROR SEXTAN.****Bezborodov Svyatoslav Andreevich**, Doctoral Student*e-mail:* [svyatoslav.b37@gmail.com](mailto:svyatoslav.b37@gmail.com)**Sichkarev Viktor Ivanovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor*e-mail:* [svny89@mail.ru](mailto:svny89@mail.ru)<sup>1</sup> Siberian State University of Water Transport, Novosibirsk, Russia

**Abstract.** Graphical schemes for obtaining a navigation parameter are considered, depending on the instrumental parameter. Their relationship is established. The cases of obtaining navigation parameters depending on the location of the luminaries, and their application in solving the graphic-analytical tasks of determining the position of the vessel are analyzed.

**Keywords:** navigational parameter, instrumental parameter, lines of position, height sum, azimuth difference, height difference, celestial height.

**Введение**

Одной из первичных задач в прогрессе астронавигации является улучшение конструкции главного технического средства мореходной астрономии, которым на данный момент является секстан. Основными субъективными проблемами современного использования секстана является сложность в расчётах местонахождения судна, а из объективных проблем – необходимость приемлемых погодных условий, видимость горизонта и светил, а также необходимость выгодного расположения светил [1]. При

штормовой или при облачной погоде возможность работы с секстаном в разы сужается, что делает труднодоступной аварийную обсервацию и проверку работы СНС методами астронавигации. Но при условии ясной погоды и видимости горизонта со светилами, а также доступной необходимой литературы, всегда можно получить обсервованное место судна, используя секстан.

Однако существует ряд других проблем. Одна из них: ограниченное количество навигационных параметров, которые можно получить, используя секстан, а именно – высоту светила для чего требуется одновременная видимость и горизонта, и светила, что невыполнимо в ночное время, когда хорошо видно множество звёзд, но не видно горизонта.

Поэтому представляется необходимым сформулировать следующую актуальную проблему астронавигации на современном этапе: необходимость расширения спектра используемых навигационных параметров в определении места судна. В качестве цели было поставлено создание нового технического средства, которое позволило бы расширить спектр этих параметров. Таким средством стал однозеркальный секстан, который позволяет снимать отсчёт высоты, суммы высот, разности высот и разности азимутов светил, а также обладает возможностью контроля положения относительно плоскости горизонта наблюдателя [2].

Рассмотрим графические схемы получения навигационных параметров в зависимости от инструментального параметра, при использовании однозеркального секстана. Используемое в конструкции секстана зеркало должно быть полупрозрачным в такой степени, чтобы наблюдатель мог видеть, как отраженный объект, так и прямовидимый в ночное и дневное время.

Зададим некоторый инструментальный параметр  $\alpha$ , который будет обозначать угол отклонения вертикальной плоскости полупрозрачного зеркала от плоскости рамы секстана.

### Сумма высот светил

Графическая схема получения навигационного параметра – сумма высот светил, показана на рисунке 1. Условия получения данного навигационного параметра следующие: прямовидимое наблюдаемое светило должно находиться в передней четверть-сфере наблюдателя, а отраженное светило в задней четверть-сфере наблюдателя.

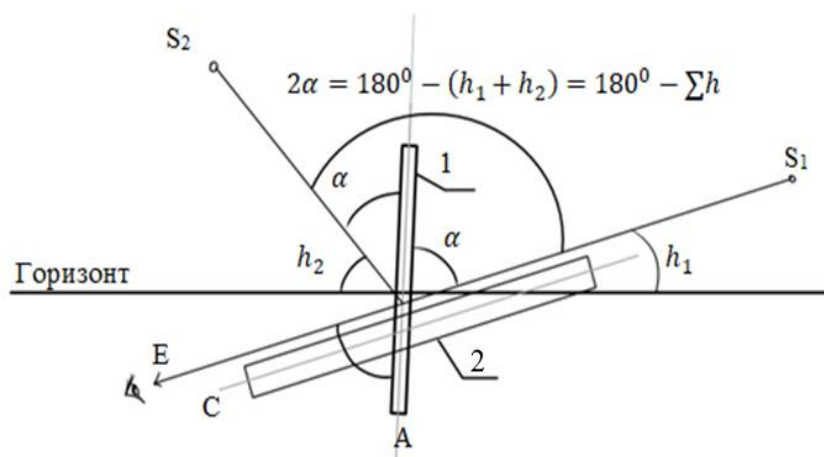


Рисунок 1 – Получение  $\sum h$  светил

Из рисунка 1:

$h_1$  – Высота первого светила.

$h_2$  – Высота второго светила.

$S_2$  – Второе светило.

$S_1$  – Первое светило.

- С – Центральная плоскость рамы секстана.
- А – Вертикальная плоскость полупрозрачного зеркала.
- Е – Луч глаза наблюдателя.
- 1 – Полупрозрачное зеркало.
- 2 – Рама секстана.

В данном случае  $\alpha$  равен углу отражения и углу падения. Навигационный параметр – сумма высот светил можно выразить, используя инструментальный параметр  $\alpha$  следующим образом:

$$2\alpha = 180^\circ - (h_1 + h_2) = 180^\circ - h_1 - h_2 = 180^\circ - \Sigma h; \quad (1)$$

$$\Sigma h = 180^\circ - 2\alpha. \quad (2)$$

При использовании однозеркального секстана происходит непосредственное измерение параметра  $\alpha$ , который аналитически связан с навигационным параметром – суммой высот светил, согласно формуле (1), следствие которой выражено в формуле (2). В решении графоаналитических задач будет использована суммарно-высотная линия положения [3].

### Разность высот светил

Графическая схема получения навигационного параметра – разность высот светил, показана на рисунке 2. Условия получения данного навигационного параметра следующие: прямовидное и отражённое наблюдаемые светила должны находиться в передней четверть-сфере наблюдателя.

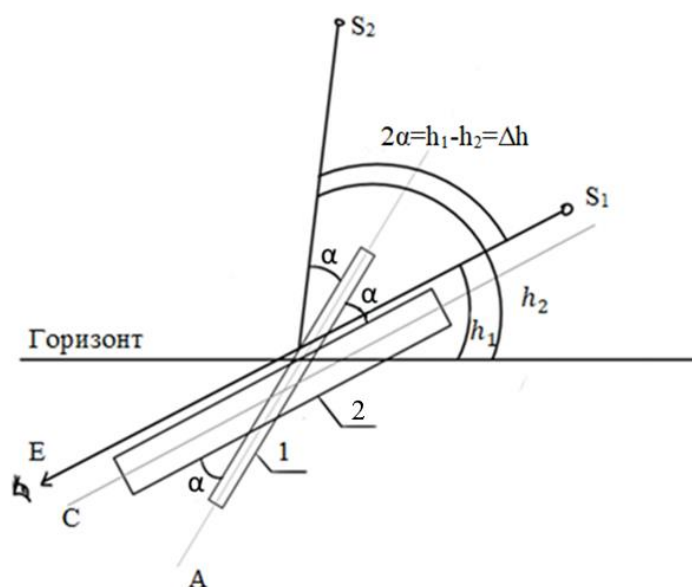


Рисунок 2 – Получение  $\Delta h$  светил

Из рисунка 2:

- $h_1$  – Высота первого светила.
- $h_2$  – Высота второго светила.
- $S_2$  – Второе светило.
- $S_1$  – Первое светило.
- С – Центральная плоскость рамы секстана.
- А – Вертикальная плоскость полупрозрачного зеркала.
- Е – Луч глаза наблюдателя.
- 1 – Полупрозрачное зеркало.
- 2 – Рама секстана.

Навигационный параметр – разность высот светил можно выразить, используя инструментальный параметр  $\alpha$ , следующим образом:

$$2\alpha = h_2 - h_1 = \Delta h; \quad (3)$$

$$\Delta h = 2\alpha \quad (4)$$

В данном случае аналогично предыдущему способу наблюдения, происходит непосредственное измерение параметра  $\alpha$ , который аналитически связан с навигационным параметром – разностью высот светил, согласно формуле (3), следствие которой выражено в формуле (4). В решении графоаналитических задач будет использована разностно-высотная линия положения [3].

### Высота светила

В случае, если прямовидимым объектом является горизонт наблюдателя, то по аналогии с разностью высот будет получен навигационный параметр – высота светила. А в решении графоаналитических задач будет использована высотная линия положения [3]. Графическая схема получения высоты светила показана на рисунке 3.

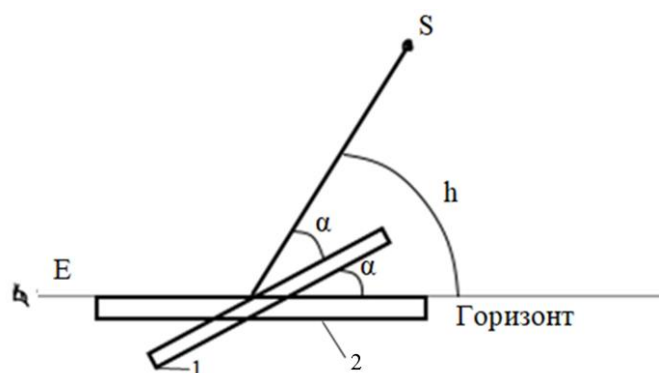


Рисунок 3 – Получение  $h$  светила

Из рисунка 3:

$h$  – Высота светила.

$S$  – Наблюдаемое светило.

$E$  – Луч глаза наблюдателя.

1 – Полупрозрачное зеркало.

2 – Рама секстана.

Навигационный параметр – высота светила можно выразить, используя инструментальный параметр  $\alpha$ , следующим образом:

$$h = 2\alpha \quad (5)$$

### Разность азимутов светил

Получить астронавигационный параметр – разность азимутов светил наблюдателю можно, как в случае расположения светил в передней четверть-сфере, так и в разных четверть-сферах. При этом, в решении задач по определению места судна будет использована разностно-азимутальная линия положения. Графическая схема получения разностно-азимутального угла показана на рисунке 4.

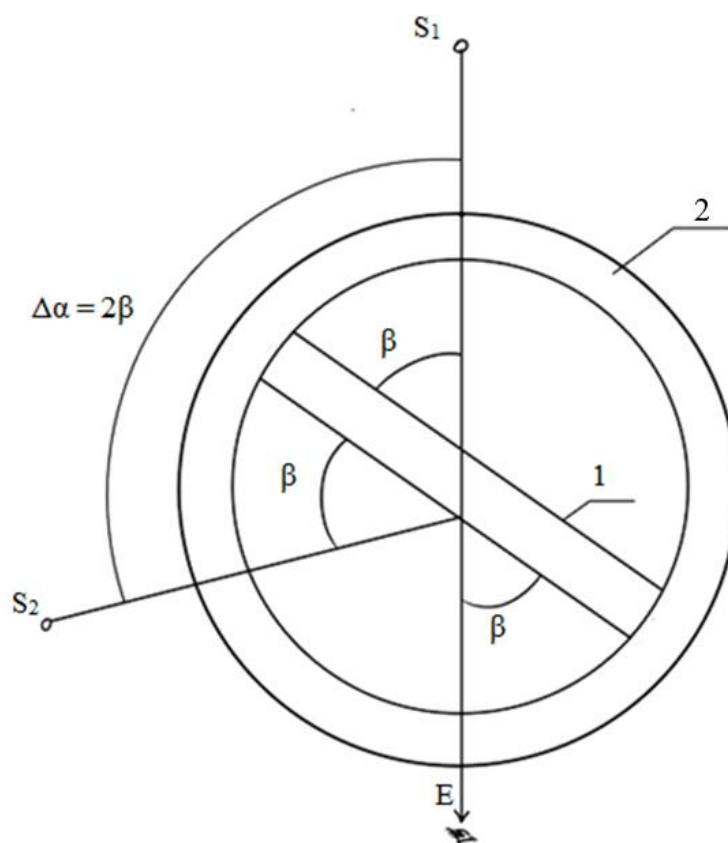


Рисунок 4 – Схема углов расположения зеркала и лучей от светил относительно глаза наблюдателя

Из рисунка 4:

- E – Луч глаза наблюдателя.
- 1 – Полупрозрачное зеркало
- 3 – Рама секстана.
- $S_1$  – Первое светило.
- $S_2$  – Второе светило.

Наблюдения на однозеркальном секстане проводятся относительно нижнего наблюдаемого светила  $S_1$ . Это даёт основание для назначения нулевой отметки разностно-азимутального угла ( $\Delta\alpha$ ) по направлению на прямоугольное нижнее светило. Тогда луч от вышерасположенного светила  $S_2$ , отразившись от зеркала по законам линейной оптики, пойдёт в направлении глаза наблюдателя параллельно прямоугольному светилу тогда, когда зеркало займёт положение под углом  $\beta$  относительно нулевой отметки (Рисунок 3). Тогда в этом случае будет использован инструментальный параметр  $\beta$ .

Согласно рисунку, измеряемый по альмукутантару нижнего светила разностно-азимутальный угол:

$$\Delta\alpha = 2\beta \quad (6)$$

То есть разностно-азимутальный угол  $\Delta\alpha$  равен удвоенному углу  $\beta$  поворота зеркала в плоскости рамы секстана.

Рассмотрим связь измеряемого разностно-азимутального угла  $\Delta\alpha$  с фактической разностью азимута  $\Delta A$  светил (Рисунок 5).

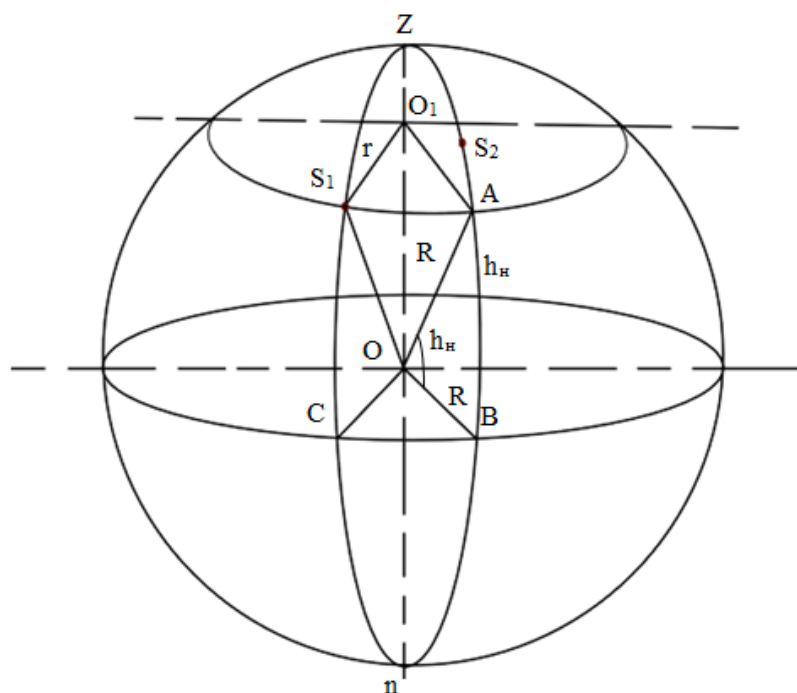


Рисунок 5 – Представление на небесной сфере измеряемого разностно-азимутального угла и разности азимутов

Фактическая разность азимутов светил  $S_1$  и  $S_2$  – это двугранный угол  $BOC$  или  $AO_1S_1$ . Измерению же подвергается разностно-азимутальный угол  $AOS_1$ . Связь этих углов можно найти, выразив дугу  $AS_1$  из треугольников  $AOS_1$  и  $AO_1S_1$ :

$$AS_1 = R \cdot \Delta a = r \cdot \Delta A \quad (7)$$

Принимая во внимание, что

$$r = R \cdot \cos h_{\text{н}} \quad (8)$$

Тогда получим:

$$\Delta A = \Delta a \frac{R}{r} = \frac{\Delta a}{\cos h_{\text{н}}} \quad (9)$$

Таким образом, навигационный параметр – разность азимутов светил аналитически связан с инструментальным параметром  $\beta$  согласно формуле (6), следствие которой выражено в формуле (9).

### Вывод

Необходимо учитывать то, что у наблюдаемых светил зачастую разные вертикалы и разные альмукуантараты, что даёт основание на снятия отсчёта сразу двух навигационных параметров: разность высот и разность азимутов светил, либо сумма высот и разность азимутов светил. А значит, в решении графоаналитических задач могут применяться комбинированные методы с использованием вышеупомянутых комбинаций навигационных параметров. Что в свою очередь уменьшает время наблюдения, поскольку для решения графоаналитических задач по определению места судна комбинированным методом требуется лишь одно наблюдение двух светил.

### Список литературы:

1. Красавцев, Б.И. Мореходная астрономия: Учеб. для судоводительской специальности высш. учеб. заведений ММФ / Б.И. Красавцев. – М.: Транспорт, 1978. – 304 с.

2. Патент 2781060. Российская Федерация, МПК G01В 1/08 (2006.01). Секстан: Заявка № 2022105244. 25.02.2022 : опубл. 04.10.2022 / В.И. Сичкарев, С.А. Безбородов.
3. Гаврюк, М.И. Астронавигационные определения места судна / М.И. Гаврюк. – М.: Транспорт, 1973. – С. 176.

