

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МОРСКОЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Судовождение и безопасность судоходства»

## **МОРЕХОДНАЯ АСТРОНОМИЯ**

### **«ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ»**

**Методические указания**  
к практическим занятиям  
по дисциплине «Мореходная астрономия»  
для студентов специальности  
26.05.05 «Судовождение»  
(специализация «Судовождение на морских путях»)

Севастополь  
СевГУ  
2021

**УДК 528.28(26):656.61(076.5)**  
**ББК 39.471.4я73**  
**М79**

**Р е ц е н з е н т:**

**Л.Е. Курочкин** – доцент кафедры СБС

**Ответственный за выпуск:**

**С.А. Подпорин** - заведующий кафедрой СБС,  
канд. техн. наук, доцент

*Составитель: С. А. Потапенко*

**М79 Мореходная астрономия. Тема II. Определение места судна различными способами :** методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Мореходная астрономия» для студентов специальности 26.05.05 «Судовождение» (специализация «Судовождение на морских путях») / Севастопольский государственный университет, Морской институт, кафедра «Судовождение и безопасность судоходства» ; сост. С. А. Потапенко. – Севастополь: СевГУ, 2021. – 60 с. – Текст : электронный.

Целью методических указаний является оказание студентам методической помощи при подготовке к практическим занятиям и выполнении индивидуальных заданий, предусмотренных учебным планом, по дисциплине «Мореходная астрономия».

УДК 528.28(26):656.61(076.5)  
ББК 39.471.4я73

Рассмотрено и рекомендовано на заседании кафедры «Судовождение и безопасность судоходства» Морского института Севастопольского государственного университета в качестве методических указаний, протокол № 1 от 31 августа 2021 г.

© Потапенко С. А., сост., 2021  
© ФГАОУ ВО «Севастопольский  
государственный университет, 2021

**СОДЕРЖАНИЕ**

|      |                                                                           |    |
|------|---------------------------------------------------------------------------|----|
| ПЗ-1 | Определение места судна по “одновременным” наблюдениям                    | 4  |
| ПЗ-2 | высот 2-х светил. Приведение высот к одному зениту.                       |    |
| ПЗ-3 | Определение места судна по “одновременным” наблюдениям                    | 14 |
| ПЗ-4 | высот 3-4-х светил. Нахождение вероятнейшего места в фигуре погрешностей. |    |
| ПЗ-5 | Определение места судна по “разновременным” наблюдениям высот Солнца.     | 30 |
| ПЗ-6 | Определение широты места судна по высоте Полярной звезды.                 | 42 |
| ПЗ-7 | Определение широты места судна по меридиональной высоте Солнца.           | 55 |

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1, 2.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА ПО “ОДНОВРЕМЕННЫМ” НАБЛЮДЕНИЯМ ВЫСОТ 2-Х СВЕТИЛ. ПРИВЕДЕНИЕ ВЫСОТ К ОДНОМУ ЗЕНИТУ

#### 1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Приобретение компетенций согласно таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Формируемые компетенции

| Формируемая компетенция                                               | Владения | Умения                                                                  | Знания                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Профессиональные компетенции, устанавливаемые ООП                     |          |                                                                         |                                                           |
| Умеет использовать небесные тела для определения местоположения судна | —        | Определение места судна по “одновременным” наблюдениям высот 2-х светил | Приведение высот к одному зениту. Определение места судна |

Объем: 4 академических часа.

Содержание:

1. Контроль знаний по предыдущей теме в виде устного опроса – 10 мин.
2. Порядок работы с Nautical Almanac и рабочие формулы – 10 мин.
3. Расчет местного часового угла и склонения светил – 20 мин.
4. Расчет Азимута и высоты светил – 20 мин.
5. Исправление высот и приведение к одному зениту – 20 мин
6. Графическое нахождение обсервованных координат судна – 20 мин.
7. Самостоятельная работа студентов – решение задач по определению места судна по “одновременным” наблюдениям высот 2-х светил – 70 мин.
8. Подведение итогов занятия – 10 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Тематические плакаты.
4. Астрономические пособия, бланки вычислений.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

В основном, определение места судна по “одновременным” наблюдениям производится в навигационные сумерки по звёздам, планетам или Луне. Как минимум, необходимо измерить высоты двух светил, но для повышения надёжности и точности обсервации обычно определяют место по трём или четырём светилам. Все измерения высот должны относиться к одному месту на земной поверхности (к одному зениту).

### Подготовка к наблюдениям

1. Определяется с помощью НА время начала наблюдений и рассчитываются приближённые счислимые координаты на этот момент.
2. Рассчитывается  $LHA^?$  на время начала наблюдений и устанавливается ЗГ (Star Finder).
3. Подбирается необходимое количество светил.
4. Подготавливаются приборы: заводится и проверяется секундомер проверяется оптика секстана.

### Наблюдения

1. Отыскиваются на небе подобранные с помощью звёздного глобуса светила. Для этого, направляют пеленгатор компаса по компасному пеленгу (Азимуту) и, ориентировочно, на нужной высоте отыскивают светило.
2. После отыскания светила измеряется его высота  $H_s$  и фиксируется точное время измерения по хронометру  $CT$ . После измерения высоты последнего светила записывается необходимая для обработки наблюдений информация: судовое время наблюдений  $OT$  (Observation time), счислимые координаты  $\varphi_c$  и  $\lambda_c$ , истинный курс (Course), скорость судна  $V$ .
3. Если высота какого-либо светила менее  $30^\circ$ , измеряется температура и давление воздуха, необходимые для исправления нормальной рефракции.

### Обработка наблюдений

1. По судовому времени наблюдений  $OT$ , на которое записаны счислимые координаты судна, и номеру часового пояса № определяют дату на гринвичском меридиане и приближённое гринвичское время

$$GMT = OT \pm \mathcal{N}_E^W$$

Рассчитывают точные значения гринвичского времени наблюдений по хронометру

$$GMT = CT + CE$$

2. С помощью  $NA$  рассчитываются экваториальные координаты светил  $LHA, Dec$ .

3. С помощью калькулятора или по таблицам решаются параллактические треугольники. Рассчитываются  $H_c, Z_n$ .

4. Исправляются высоты наблюдаемых светил  $H_s$  и рассчитываются обсервованные высоты  $H_o$ .

5. Все наблюдения приводятся к зениту того светила, для которого записано судовое время  $OT$  (обычно последнее), для чего рассчитываются поправки  $\Delta h_z$ , и вычисляются приведенные обсервованные высоты

$$H_o' = H_o + \Delta h_z$$

С целью учета движения судна, при одновременном определении места судна по высотам нескольких светил, выполняется приведение высот светил к одному моменту (зениту). Это обусловлено тем, что между выполнением измерений проходит некоторый промежуток времени.

Расчет выполняется по формуле:

$$\Delta h_z = \frac{V}{60} \times \cos(Z_n - Course) \times \Delta T^m$$

где -  $\Delta T^m$  - интервал времени в минутах между измерениями высот светил и временем наблюдения;

$V$  - скорость судна в узлах;

$(Z_n - Course)$  - курсовой угол светила. Если  $Z_n < Course$ , то  $(360 + Z_n) - Course$ .

Поправка  $\Delta h_z$ , подсчитанная с помощью микрокалькулятора, может иметь знак плюс или минус и предполагает приведение более ранних измерений к последующим.

Если необходимо привести высоту к предыдущему измерению, знак, полученный по формуле, меняется на обратный.

6. Рассчитываются элементы высотных линий положений (ВЛП):  $Z_n$  – азимуты светил в круговом счете и переносы  $p$  – (*intercept*) в угловых минутах

$$p = H_o' - H_c$$

7. Графически определяются обсервованные координаты места судна, для чего:

- на карте или бланке из счислимой точки (центр планшета) прокладываются линии по направлениям азимутов светил, стрелками указываются направления на светила, линии азимутов нумеруются;

- откладываются по направлениям азимутов соответствующие переносы  $p$  (1 угловая минута = 1 морская миля). *Переносы со знаком “+” откладываются в направлении на светило, переносы со знаком “-” в обратном направлении от светила;*

- полученные на линиях азимутов точки называются определяющими, через них перпендикулярно линиям азимутов проводят ВЛП (*line of position LoP*);

- пересечение ВЛП дает точку (фигуру погрешностей), в которой находится обсервованное место судна;

- с рисунка в масштабе морских миль снимаются разность широт  $\Delta\varphi$  ( $dLat$ ) – расстояние между параллелями счислимой и обсервованной точки, отстояние *ОТШ* (*departure*) – расстояние между меридианами этих же точек.

*РШ* к N, если обсервованная точка севернее счислимой,

*РШ* к S, если обсервованная точка южнее,

*ОТШ* к E, если обсервованная точка восточнее счислимой,

*ОТШ* к W, если обсервованная точка западнее.

- рассчитывается разность долгот  $\Delta\lambda$  ( $dLong$ )

$$РД = ОТШ / \cos\varphi_c$$

- рассчитываются значения обсервованных координат причем, одноименные величины складываются, разноименные – вычитаются.

$$\varphi_o = \varphi_c \pm \Delta\varphi \qquad \lambda_o = \lambda_c \pm \Delta\lambda$$

- определяется направление и величина невязки (из счислимой точки в обсервованную). Например: С = 120° - 2,5мили.

*Точность обсервованного по двум линиям положения места судна* оценивается радиальной (круговой) среднеквадратической погрешностью (СКП), которая рассчитывается по общей формуле:

$$Mo = \frac{1,4 \cdot m_h}{\sin \Delta Zn}$$

где  $\Delta Z_n$  – угол, под которым пересекаются высотные линии положения и численно равен разности азимутов  $\Delta Z_n = Z_{n2} - Z_{n1}$  ;  
 $m_h$  – СКП высотной линии положения (мили).

Порядок выполнения расчетов рассмотрим на примере:

*Пример*

02.09.2002 в судовое время  $OT = 18^h 18^m$ , судно находилось в точке с координатами  $\varphi_s = 29^\circ 18,8'S$ ;  $\lambda_s = 48^\circ 42,4'W$  и следовало курсом  $190^\circ$  со скоростью 19 уз. Наблюдали светила:

| Наименование    | СТ               | Hs               |
|-----------------|------------------|------------------|
| Rigel Kentaurus | $09^h 11^m 59^s$ | $52^\circ 40,0'$ |
| Venus           | $09^h 20^m 26^s$ | $41^\circ 00,5'$ |

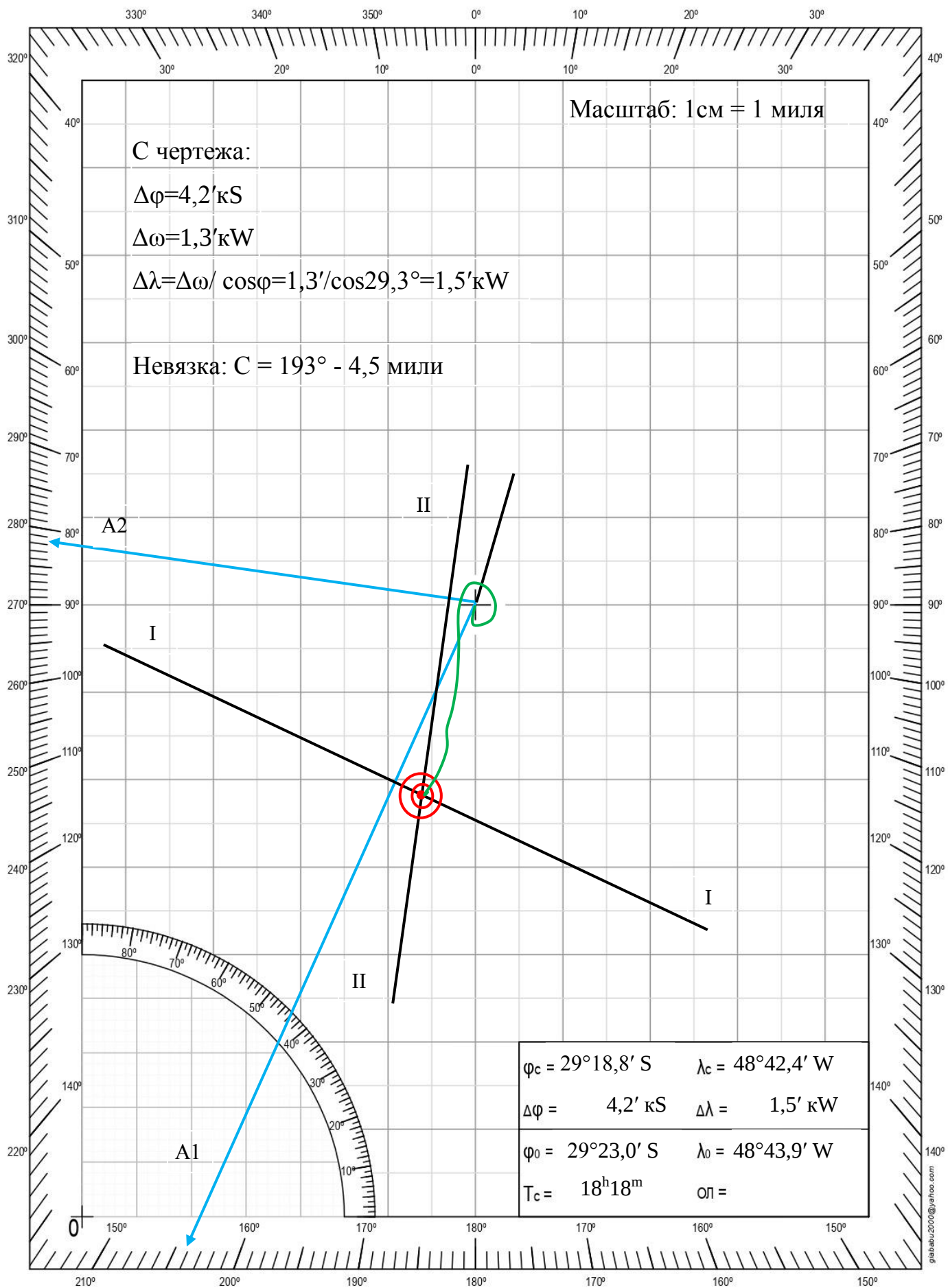
Другие данные:

Высота глаза наблюдателя  $e = 16,0\text{м}$ ; поправка хронометра  $CE = -2^m 12^s$ , поправка секстана  $i+s = -2,5'$

Определить место судна по наблюдениям 2-х светил.

На практических занятиях решение всех астрономических задач будет осуществляться на специализированных бланках:

|  |                        | Rigil Kent                                      | Venus                                           |                                                                                                                |  |                       |                  | I line            |          |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------|------------------|-------------------|----------|---------|
|                                                                                   |                        | I line                                          | II line                                         | $\sin(Hc) = \sin(Lat) \times \sin(Dec) + \cos(Lat) \times \cos(Dec) \times \cos(LHA)$                          |  |                       |                  |                   |          |         |
| <i>OT</i>                                                                         |                        | 18 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>                 |                                                 | 0,79302 = 0,48959×0,87332+0,87196×0,48715×0,86036                                                              |  |                       |                  |                   |          |         |
| <i>N<sub>2</sub><sup>E-</sup><sub>W+</sub></i>                                    |                        | 3 W                                             |                                                 | <i>Hc</i> = 52°28,1'                                                                                           |  |                       |                  |                   |          |         |
| <i>GMT</i>                                                                        |                        | 21 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>                 |                                                 | $\text{ctg}(Zn) = \text{tg}(Dec) \times \cos(Lat) \times \text{cosec}(LHA) - \sin(Lat) \times \text{ctg}(LHA)$ |  |                       |                  |                   |          |         |
| <i>Date</i>                                                                       |                        | 02.09.                                          |                                                 | 2,24047 = 1,79272×0,87196×1,96197-0,48959×1,68799                                                              |  |                       |                  |                   |          |         |
| <i>CT</i>                                                                         |                        | 09 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup> | 09 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> | <i>Z</i> = S24°03,2'W                                                                                          |  |                       |                  |                   |          |         |
| <i>CE</i>                                                                         |                        | -2 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup>                 | -2 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup>                 |                                                                                                                |  |                       |                  | II line           |          |         |
| <i>GMT</i>                                                                        |                        | 21 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> | 21 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup> | $\sin(Hc) = \sin(Lat) \times \sin(Dec) + \cos(Lat) \times \cos(Dec) \times \cos(LHA)$                          |  |                       |                  |                   |          |         |
| <i>GHA tab</i>                                                                    |                        | 296°49,9'                                       | 94°14,9'                                        | 0,65377 = 0,48959×0,22135+0,87196×0,97519×0,83603                                                              |  |                       |                  |                   |          |         |
| <i>Incr</i>                                                                       |                        | 2°27,2'                                         | 4°33,5'                                         | <i>Hc</i> = 40°49,6'                                                                                           |  |                       |                  |                   |          |         |
| <i>v-corr</i>                                                                     |                        | —                                               | +0,2'                                           | $\text{ctg}(Zn) = \text{tg}(Dec) \times \cos(Lat) \times \text{cosec}(LHA) - \sin(Lat) \times \text{ctg}(LHA)$ |  |                       |                  |                   |          |         |
| <i>GHA</i>                                                                        |                        | 299°17,1'                                       | 98°48,6'                                        | -0,15134 = 0,22698×0,87196×1,30344-0,48959×1,68799                                                             |  |                       |                  |                   |          |         |
| <i>Long<sup>E+</sup><sub>W-</sub></i>                                             |                        | 48°42,4'                                        | 48°42,4'                                        | <i>Z</i> = -81°23,7' (+180°) = S98°36,3'W                                                                      |  |                       |                  |                   |          |         |
| <i>LHA<sup>Aries</sup></i>                                                        |                        | 250°34,7'                                       | —                                               |                                                                                                                |  |                       |                  | III line          |          |         |
| <i>SHA</i>                                                                        |                        | 140°03,9'                                       | —                                               | $\sin(Hc) = \sin(Lat) \times \sin(Dec) + \cos(Lat) \times \cos(Dec) \times \cos(LHA)$                          |  |                       |                  |                   |          |         |
| <i>LHA<sub>W</sub></i>                                                            |                        | 30°38,6'                                        | 50°06,2'                                        |                                                                                                                |  |                       |                  |                   |          |         |
| <i>LHA<sub>E</sub></i>                                                            |                        |                                                 |                                                 | <i>Hc</i> =                                                                                                    |  |                       |                  |                   |          |         |
| <i>v / d</i>                                                                      |                        | —                                               | +0,5' / +1,1'                                   | $\text{ctg}(Zn) = \text{tg}(Dec) \times \cos(Lat) \times \text{cosec}(LHA) - \sin(Lat) \times \text{ctg}(LHA)$ |  |                       |                  |                   |          |         |
| <i>Dec tab</i>                                                                    |                        | —                                               | 12°47,0' S                                      |                                                                                                                |  |                       |                  |                   |          |         |
| <i>d-corr</i>                                                                     |                        | —                                               | +0,3'                                           | <i>Z</i> =                                                                                                     |  |                       |                  |                   |          |         |
| <i>Dec</i>                                                                        |                        | 60°50,8' S                                      | 12°47,3' S                                      |                                                                                                                |  |                       |                  | III line          |          |         |
| <i>Hs</i>                                                                         |                        | 52°40,0'                                        | 41°00,5'                                        | $\sin(Hc) = \sin(Lat) \times \sin(Dec) + \cos(Lat) \times \cos(Dec) \times \cos(LHA)$                          |  |                       |                  |                   |          |         |
| <i>i + s</i>                                                                      |                        | -2,5'                                           | -2,5'                                           |                                                                                                                |  |                       |                  |                   |          |         |
| <i>DIP</i>                                                                        |                        | -7,0'                                           | -7,0'                                           | <i>Hc</i> =                                                                                                    |  |                       |                  |                   |          |         |
| <i>Ha</i>                                                                         |                        | 52°30,5'                                        | 40°51,0'                                        | $\text{ctg}(Zn) = \text{tg}(Dec) \times \cos(Lat) \times \text{cosec}(LHA) - \sin(Lat) \times \text{ctg}(LHA)$ |  |                       |                  |                   |          |         |
| <i>Correction</i>                                                                 | <i>M corr</i>          | -0,7'                                           | -1,1'                                           |                                                                                                                |  |                       |                  |                   |          |         |
|                                                                                   | <i>corr. for Venus</i> |                                                 | +0,2'                                           | <i>Z</i> =                                                                                                     |  |                       |                  |                   |          |         |
|                                                                                   |                        |                                                 |                                                 | Polaris                                                                                                        |  |                       | I line           | II line           | III line | IV line |
|                                                                                   |                        |                                                 |                                                 | <i>Ho</i>                                                                                                      |  | <i>Zn</i>             | 204,1°           | 278,6°            |          |         |
| <i>Δh<sub>z</sub></i>                                                             |                        | +2,5'                                           | 0                                               | <i>a<sub>0</sub></i>                                                                                           |  | <i>Course</i>         | 190°             | 190°              |          |         |
| <i>Ho'</i>                                                                        |                        | 52°32,3'                                        | 40°50,1'                                        | <i>a<sub>1</sub></i>                                                                                           |  | <i>Zn-Cour</i>        | 14,1°            | 88,6°             |          |         |
| <i>Hc</i>                                                                         |                        | 52°28,1'                                        | 40°49,6'                                        | <i>a<sub>2</sub></i>                                                                                           |  | <i>V</i>              | 19               | 19                |          |         |
| <i>intercept</i>                                                                  |                        | +4,2'                                           | +0,5'                                           | -1°                                                                                                            |  | <i>ΔT<sup>m</sup></i> | 8,2 <sup>m</sup> | -0,2 <sup>m</sup> |          |         |
| <i>Zn</i>                                                                         |                        | 204,1°                                          | 278,6°                                          | <i>Lat<sub>0</sub></i>                                                                                         |  | <i>Δh<sub>z</sub></i> | +2,5'            | 0                 |          |         |



### 3. ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

В задачах №№ 496 – 525 необходимо:

Определить место судна по “одновременным” наблюдениям 2-х светил.

| №   | Date<br>OT                                    | Lat<br>Long             | Course<br>V, kn | Name                    | CT                                                                                                 | Hs                   | CE<br><i>i+s</i><br>e, m                          |
|-----|-----------------------------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------|
| 496 | 09.02.2002<br>06 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> | 44°19,6'N<br>165°27,6'E | 274°<br>21      | Altair<br>Spica         | 07 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup><br>07 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> | 28°10,0'<br>24°08,5' | -3 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup><br>+5,4'<br>8,7   |
| 497 | 24.11.<br>03 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>     | 39°59,5'S<br>153°41,2'E | 170°<br>19      | Achernar<br>Rigel Kent. | 05 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup><br>05 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup> | 30°08,5'<br>30°49,0' | -2 <sup>m</sup> 01 <sup>s</sup><br>-3,7'<br>12,5  |
| 498 | 04.09.<br>05 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup>     | 18°47,3'N<br>164°51,6'E | 324°<br>11      | Sirius<br>Capella       | 06 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup><br>06 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup> | 41°15,5'<br>61°20,0' | +13 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup><br>+2,8'<br>10,6 |
| 499 | 17.03.<br>05 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>     | 39°18,8'S<br>168°42,4'E | 145°<br>16      | Capella<br>Altair       | 06 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup><br>06 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 01 <sup>s</sup> | 16°48,0'<br>32°27,5' | -8 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup><br>-5,2'<br>16,7  |
| 500 | 09.02.<br>06 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>     | 22°47,2'N<br>146°19,6'E | 236°<br>18      | Vega<br>Antares         | 08 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup><br>08 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> | 49°05,5'<br>39°30,0' | -6 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup><br>+4,1'<br>14,6  |
| 501 | 24.11.<br>04 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup>     | 19°54,3'S<br>167°33,5'E | 190°<br>18      | Rigel Kent.<br>Rigel    | 05 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup><br>05 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> | 20°15,0'<br>32°55,5' | -5 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup><br>+1,8'<br>11,7  |
| 502 | 04.09.<br>05 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>     | 18°42,1'N<br>153°41,2'E | 205°<br>16      | Capella<br>Betelgeuse   | 06 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup><br>07 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> | 60°02,5'<br>65°22,0' | +12 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup><br>-4,7'<br>9,5  |
| 503 | 17.03.<br>06 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup>     | 44°36,8'N<br>159°18,7'E | 320°<br>19      | Antares<br>Altair       | 07 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup><br>07 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup> | 17°49,5'<br>43°45,2' | -11 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup><br>+5,8'<br>17,2 |
| 504 | 09.02.<br>05 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup>     | 23°47,2'S<br>164°18,6'E | 248°<br>21      | Spica<br>Acrux          | 06 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup><br>06 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup> | 67°01,5'<br>44°05,0' | +3 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup><br>-2,9'<br>12,8  |
| 505 | 24.11.<br>06 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup>     | 42°56,3'N<br>152°42,3'E | 130°<br>14      | Betelgeuse<br>Regulus   | 08 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup><br>08 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> | 15°45,0'<br>56°50,0' | -9 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup><br>+6,3'<br>15,7  |
| 506 | 04.09.<br>05 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup>     | 12°54,3'S<br>163°33,5'E | 190°<br>18      | Sirius<br>Achernar      | 06 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup><br>06 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup> | 55°40,5'<br>35°05,0' | +4 <sup>m</sup> 04 <sup>s</sup><br>-2,7'<br>12,0  |
| 507 | 17.03.<br>05 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup>     | 31°42,1'N<br>156°41,2'E | 210°<br>12      | Antares<br>Altair       | 07 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup><br>07 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup> | 30°51,5'<br>49°15,0' | +11 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup><br>+3,4'<br>10,5 |

| №   | Date<br>OT                                | Lat<br>Long             | Course<br>V, kn | Name                   | CT                                                                                                 | Hs                   | CE<br><i>i+s</i><br>e, m                          |
|-----|-------------------------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------|
| 508 | 09.02.<br>06 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> | 41°36,8'N<br>152°18,7'E | 320°<br>14      | Altair<br>Spica        | 08 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup><br>08 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> | 30°00,0'<br>25°40,5' | -8 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup><br>-4,2'<br>14,3  |
| 509 | 24.11.<br>04 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> | 28°47,2'S<br>166°18,6'E | 235°<br>22      | Betelgeuse<br>Achernar | 05 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup><br>05 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup> | 38°21,5'<br>16°34,0' | +3 <sup>m</sup> 06 <sup>s</sup><br>+5,4'<br>18,2  |
| 510 | 04.09.<br>05 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> | 20°56,3'N<br>159°42,3'E | 312°<br>16      | Capella<br>Betelgeuse  | 06 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup><br>07 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> | 61°01,5'<br>61°31,0' | -21 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup><br>+6,2'<br>9,8  |
| 511 | 17.03.<br>05 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> | 34°19,6'N<br>165°27,6'E | 264°<br>18      | Antares<br>Arcturus    | 06 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 04 <sup>s</sup><br>07 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> | 28°20,0'<br>45°37,5' | -14 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup><br>+2,7'<br>10,8 |
| 512 | 09.02.<br>04 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> | 29°59,5'S<br>153°41,2'E | 148°<br>12      | Rigil Kent.<br>Antares | 06 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup><br>06 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup> | 59°00,0'<br>60°31,5' | +10 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup><br>-4,2'<br>11,7 |
| 513 | 24.11.<br>06 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> | 38°47,3'N<br>164°51,6'E | 100°<br>16      | Arcturus<br>Regulus    | 07 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup><br>07 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup> | 40°49,5'<br>61°28,0' | +0 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup><br>+3,6'<br>15,8  |
| 514 | 04.09.<br>05 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> | 19°18,8'S<br>168°42,4'E | 340°<br>20      | Sirius<br>Capella      | 06 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup><br>06 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> | 60°35,0'<br>24°31,5' | +3 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup><br>-4,5'<br>9,0   |
| 515 | 17.03.<br>06 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> | 42°47,2'N<br>146°19,6'E | 250°<br>14      | Antares<br>Deneb       | 08 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup><br>08 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup> | 19°20,5'<br>58°01,0' | -31 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup><br>+4,2'<br>16,5 |
| 516 | 02.09.<br>05 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> | 37°12,6'N<br>47°23,6'W  | 135°<br>17      | Rigel<br>Jupiter       | 08 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup><br>08 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup> | 40°34,5'<br>27°00,0' | +4 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup><br>-1,2'<br>8,5   |
| 517 | 15.03.<br>18 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> | 24°52,5'S<br>66°45,2'W  | 243°<br>18      | Procyon<br>Mars        | 10 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup><br>10 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> | 49°14,0'<br>26°28,5' | -13 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup><br>+2,1'<br>16,5 |
| 518 | 07.02.<br>18 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> | 31°42,3'S<br>70°55,6'W  | 196°<br>20      | Canopus<br>Jupiter     | 11 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup><br>11 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup> | 58°21,0'<br>26°29,5' | -9 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup><br>-5,2'<br>12,7  |
| 519 | 22.11.<br>06 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> | 26°12,8'N<br>51°46,4'W  | 220°<br>12      | Sirius<br>Venus        | 09 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup><br>09 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup> | 23°51,5'<br>26°05,0' | +1 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup><br>+3,5'<br>18,1  |
| 520 | 02.09.<br>18 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> | 37°40,2'N<br>59°14,6'W  | 145°<br>15      | Altair<br>Venus        | 10 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup><br>10 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> | 46°52,0'<br>14°14,5' | +3 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup><br>-4,8'<br>16,4  |
| 521 | 15.03.<br>18 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> | 34°19,6'N<br>45°27,6'W  | 232°<br>23      | Sirius<br>Mars         | 09 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup><br>09 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 04 <sup>s</sup> | 37°00,0'<br>41°00,0' | +2 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup><br>+2,1'<br>11,0  |

| №   | Date<br>OT                                | Lat<br>Long            | Course<br>V, kn | Name                | CT                                                                                                 | Hs                   | CE<br><i>i+s</i><br>e, m                          |
|-----|-------------------------------------------|------------------------|-----------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------|
| 522 | 07.02.<br>18 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> | 29°59,5'S<br>53°41,2'W | 165°<br>18      | Rigel<br>Mars       | 10 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup><br>10 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> | 63°55,5'<br>29°14,0' | +9 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup><br>+1,6'<br>14,3  |
| 523 | 22.11.<br>04 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> | 38°47,3'S<br>64°51,6'W | 180°<br>20      | Rigel<br>Jupiter    | 08 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup><br>08 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup> | 38°01,5'<br>33°55,0' | +10 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup><br>+1,2'<br>15,5 |
| 524 | 02.09.<br>18 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> | 29°18,8'S<br>48°42,4'W | 190°<br>19      | Rigil Kent<br>Venus | 09 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup><br>09 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> | 52°40,0'<br>41°00,5' | -2 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup><br>-2,5'<br>16,0  |
| 525 | 15.03.<br>18 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> | 32°47,2'N<br>56°19,6'W | 272°<br>16      | Betelgeuse<br>Mars  | 10 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup><br>10 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> | 64°49,5'<br>37°40,0' | +3 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup><br>-2,4'<br>18,0  |

#### 4. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Разобрать порядок работы с Nautical Almanac (альманахом) при определении места судна по “одновременным” наблюдениям 2-х светил.
2. Выдать задания для самостоятельной работы студентов по решению задач.
3. Выполнить проверку выполнения заданий. Подвести итог по занятию.

#### 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Элементы параллактического треугольника.
2. Элементы высотной линии положения.
3. Приведение измерений к одному зениту.
4. Правило знаков разности широт и разности долгот.
5. Общая формула исправления высот светил.
6. Правила нахождения часового пояса.

#### 6. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Михайлов В.С. Практическая мореходная астрономия. Электронный учебник/ В.С. Михайлов, В.Г. Кудрявцев, В.С. Давыдов. – Киев, 2009. – 293 с.
2. Панасенко А.Н. Практическая мореходная астрономия: Учебное пособие для курсантов морских специальностей – Владивосток, 2011, 94 с.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3,4.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА ПО “ОДНОВРЕМЕННЫМ” НАБЛЮДЕНИЯМ ВЫСОТ 3-4-Х СВЕТИЛ. НАХОЖДЕНИЕ ВЕРОЯТНЕЙШЕГО МЕСТА В ФИГУРЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ

#### 1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Входной контроль знаний. Приобретение компетенций согласно таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Формируемые компетенции

| Формируемая компетенция                                               | Владения | Умения                                                                       | Знания                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Профессиональные компетенции, устанавливаемые ООП                     |          |                                                                              |                                                           |
| Умеет использовать небесные тела для определения местоположения судна | —        | Определение места судна по “одновременным” наблюдениям высот 3-х, 4-х светил | Приведение высот к одному зениту. Определение места судна |

Объем: 4 академических часа.

Содержание:

1. Контроль знаний по предыдущей теме в виде устного опроса – 10 мин.
2. Порядок работы с Nautical Almanac и рабочие формулы – 10 мин.
3. Расчет местного часового угла и склонения светил – 20 мин.
4. Расчет Азимута и высоты светил – 20 мин.
5. Исправление высот и приведение к одному зениту – 20 мин
6. Графическое нахождение обсервованных координат судна – 20 мин.
7. Самостоятельная работа студентов – решение задач по определению места судна по “одновременным” наблюдениям высот 3-х, 4-х светил – 70 мин.
8. Подведение итогов занятия – 10 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Тематические плакаты.
4. Астрономические пособия, бланки вычислений.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1. Если в процессе определения места судна по высотам 2-х светил, были допущены промахи (или в измерениях, или в расчетах), то обнаружить эти промахи просто невозможно, так как 2 ВЛП всегда пересекутся в одной точке.

Поэтому, для получения более точного и надежного обсервованного места судна, необходимо иметь не 2, а 3 или 4 ВЛП, которые или пересекутся в одной точке – «полноценное обсервованное место» или, *под влиянием погрешностей, образуют фигуру погрешностей* (треугольник или четырехугольник).

*Появление фигуры погрешностей и ее размеры уже позволяет обнаружить – есть промахи или нет – и принять меры для их исключения или уменьшения (проверить расчеты; повторить наблюдения).*

3 и 4 ВЛП обеспечивают более высокую точность и надежность обсервованного места и, по возможности, нужно стремиться определять место по высотам минимум 3-х светил, то есть получить полноценную обсервацию.

Для качественного решения этой задачи очень важным являются оптимальный подбор светил для наблюдений и отыскание вероятнейшего места, то есть такой точки в фигуре погрешности, которая ближе всего располагается к действительному месту судна.

Определение места судна по трем ВЛП получается тем точнее, чем ближе к  $120^\circ$  будут углы между направлениями на светила; в таком случае пересечение линий положения судна будет наиболее удачным.

Соответственно, для 4-х светил наиболее точные определения будут при разности азимутов, равной  $90^\circ$ . Такое условие не всегда выполнимо, поэтому в практике допускают отклонения от  $90^\circ$ , но для обеспечения надежных определений, необходимо, чтобы разность азимутов была не меньше  $30^\circ$  и не более  $150^\circ$ .

### 2.2. Отыскание вероятнейшего места судна в фигуре погрешности.

Если при построениях ВЛП образуют фигуру погрешностей со стороной  $<0,5$  мили (при плавании вблизи навигационных опасностей) или  $1,0 \div 1,5$  мили (при плавании в открытом море), то вероятнейшее место судна находят «глазомерно» в центре фигуры погрешностей (рис 3.1).

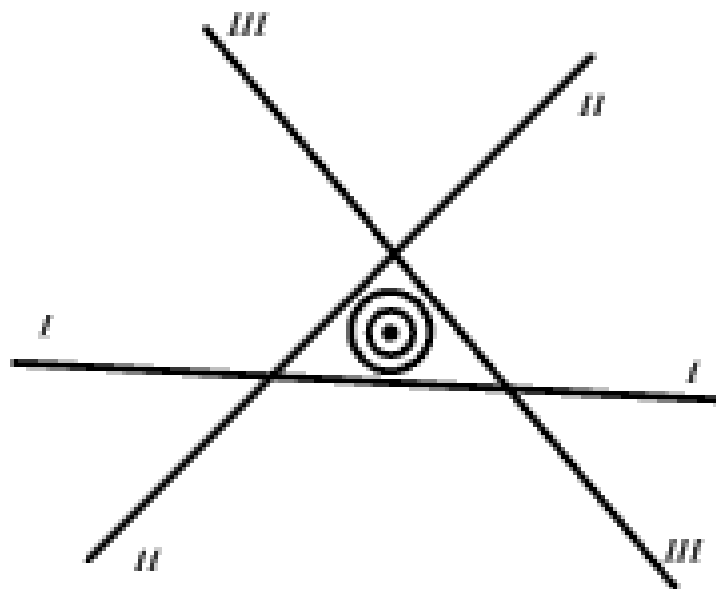


Рисунок 3.1 – Вероятнейшее место в центре треугольника погрешностей

Если все 3 светила расположены по всему горизонту (с  $\Delta A \sim 120^\circ$ ), то вероятнейшее место судна будет находится внутри фигуры погрешностей, в точке пересечения *биссектрис внутренних углов* (рис 3.2).

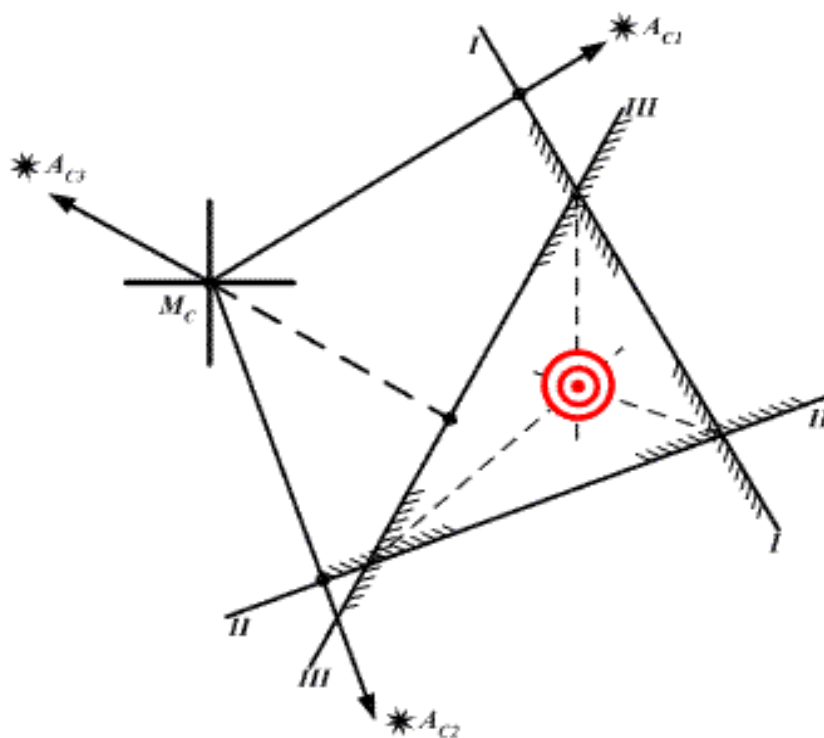


Рисунок 3.2 – Вероятнейшее место в точке пересечения биссектрис

Если все наблюдаемые светила расположены по одну сторону горизонта ( $\Delta A$  между крайними светилами  $< 180^\circ$ ) то вероятнейшее место судна будет (или может) находиться *вне треугольника погрешностей* (рис.3.3).

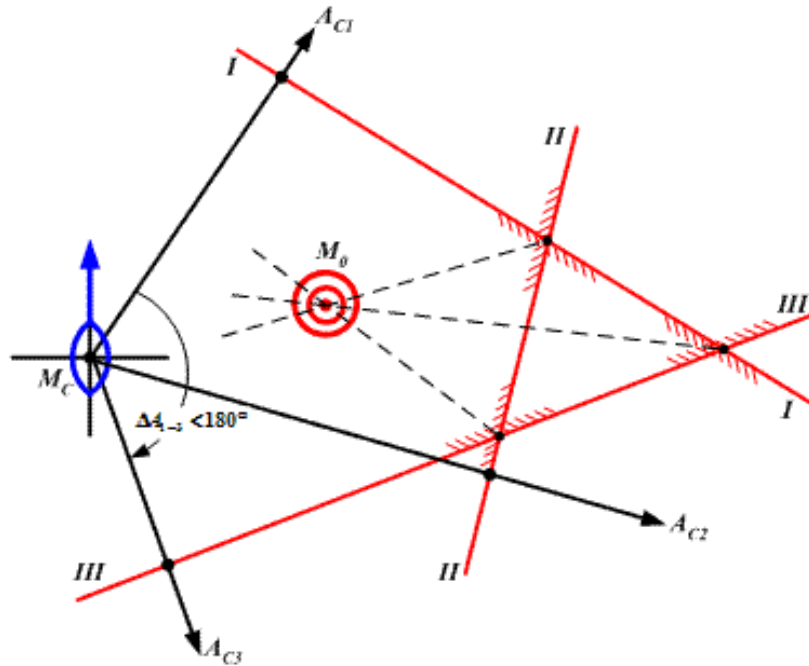


Рисунок 3.3 – Вероятнейшее место вне треугольника погрешностей

Из астрономических способов наиболее надежным и точным является способ определения места судна по высотам 4-х светил. Для наблюдения подбираются светила, расположенные по всему горизонту, при смежных разностях азимутов  $\Delta A \approx 90^\circ$ . При соблюдении такого условия получают две пары почти параллельных ВЛП.

Если ВЛП попарно сходятся (расходятся), то промахи отсутствуют и вероятнейшее место судна находится *на пересечении биссектрис углов*, попарно образованных ВЛП (рис 3.4).

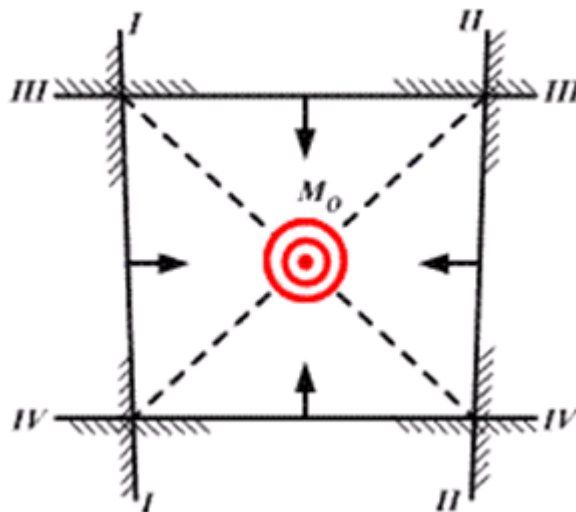


Рисунок 3.4 – Вероятнейшее на пересечении биссектрис фигуры погрешностей

Если в фигуре погрешностей 2 ВЛП сходятся, а 2 ВЛП расходятся, то это говорит о наличии промахов. В этом случае следует проверить все расчеты или повторить наблюдения (рис 3.5).

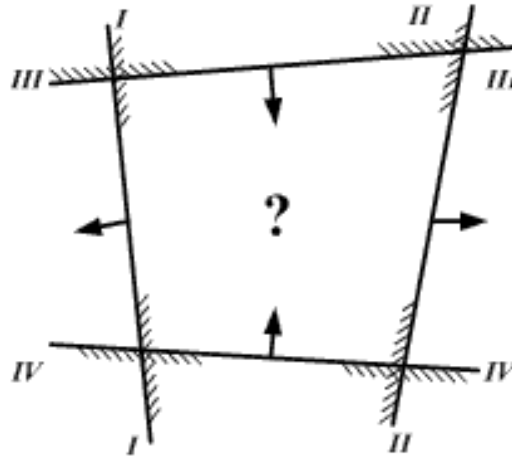


Рисунок 3.5 – Случай неопределенности

### 2.3. Точность определения места судна

Радиальная (круговая) СКП наблюдаемого места судна, полученного по 3-м ВЛП, может быть рассчитана относительно радиальной СКП, рассчитанной по 2-м ВЛП по приближенной формуле:

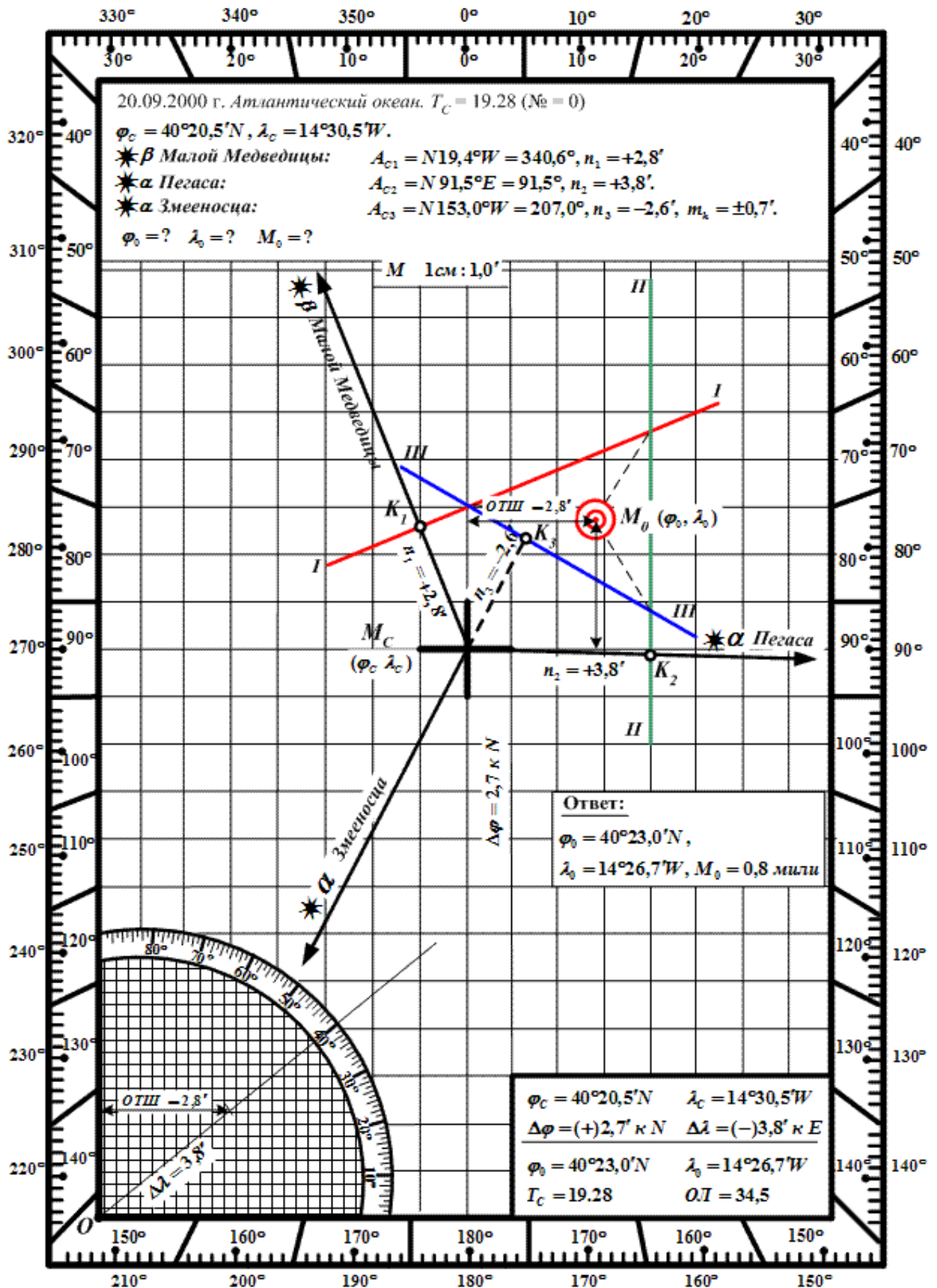
$$M_{0(3ВЛП)} \approx 0,8M_{0(2ВЛП)}$$

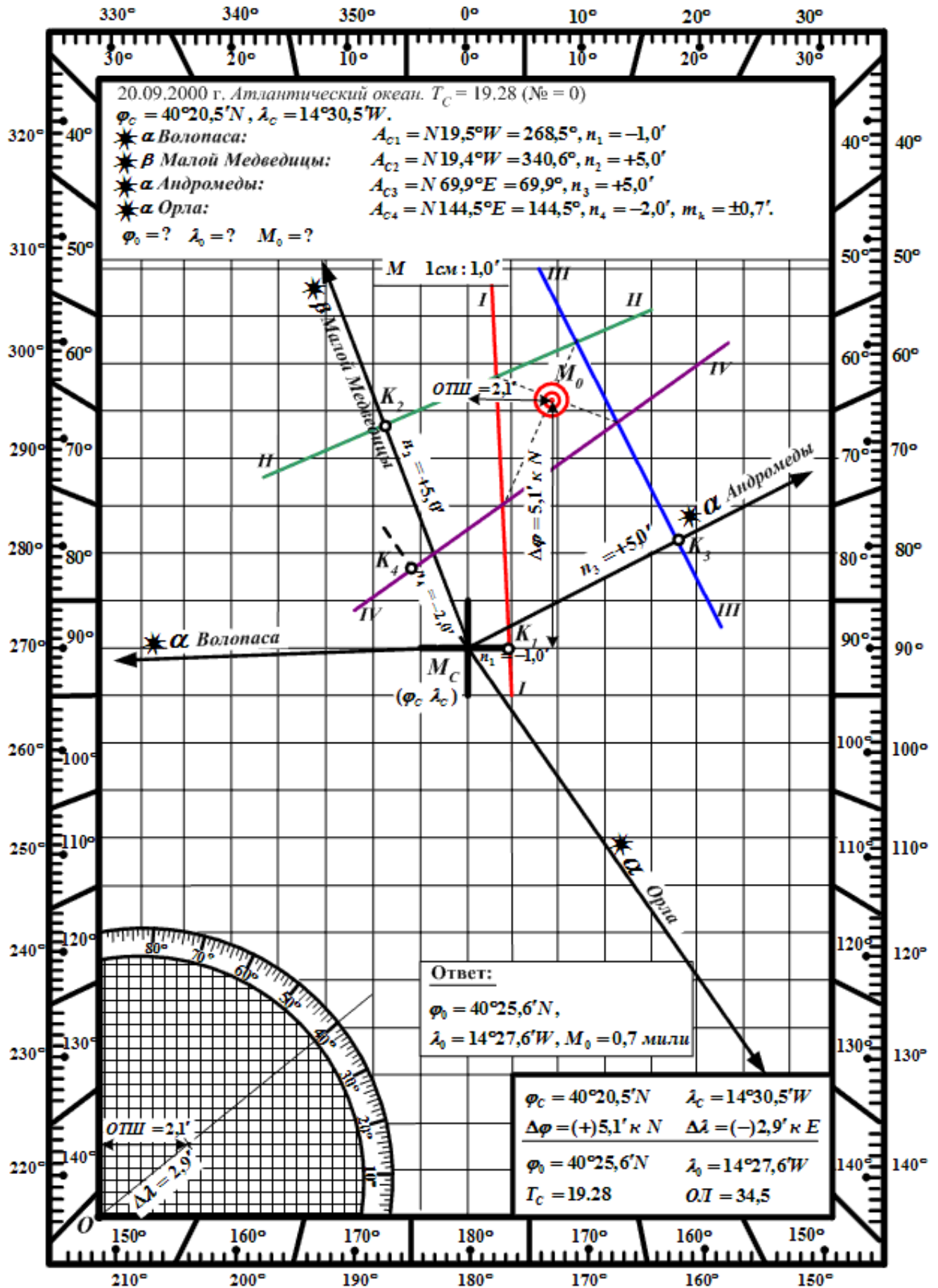
Для 4-х линий положения: при симметричном расположении азимутов светил по всему горизонту и равноточных ВЛП, радиальная СКП наблюдаемого места оценивается по приближенной формуле:

$$M_{0(4ВЛП)} \approx m_h$$

Задачи по определению места судна по 3-м и 4-м светилам выполняются на специальных бланках. Порядок выполнения расчетов аналогичен ОМС по 2-м светилам.



Рисунок 3.7 – Расчет  $\varphi_0$   $\lambda_0$  при большой фигуре погрешности

Рисунок 3.8 – Расчет  $\varphi_0$   $\lambda_0$  при четырех ВЛП

## 3. ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

В задачах №№ 526– 555 необходимо:

Определить место судна по “одновременным” наблюдениям 3-х светил.

| №   | Date<br>OT                                | Lat<br>Long            | Course<br>V, kn | Name                              | CT                                                                                                                                                    | Hs                               | CE<br><i>i+s</i><br>e, m                          |
|-----|-------------------------------------------|------------------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|
| 526 | 01.09.<br>04 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> | 34°19,6'N<br>25°27,6'W | 210°<br>21      | Rigel<br>Deneb<br>Jupiter         | 07 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup><br>07 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup><br>07 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup> | 41°34,5'<br>14°42,0'<br>24°43,5' | -30 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup><br>-3,1'<br>12,7 |
| 527 | 16.03.<br>18 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> | 59°59,5'N<br>43°41,2'E | 30°<br>18       | Mars<br>Procyon<br>Deneb          | 03 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 03 <sup>s</sup><br>03 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup><br>03 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup> | 31°19,5'<br>32°50,5'<br>19°41,0' | +1 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup><br>-1,6'<br>17,8  |
| 528 | 14.03.<br>18 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> | 8°47,3'N<br>14°51,6'W  | 154°<br>16      | Venus<br>Sirius<br>Pollux         | 07 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup><br>07 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup><br>07 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> | 13°50,5'<br>60°16,0'<br>56°14,5' | -2 <sup>m</sup> 01 <sup>s</sup><br>+0,8'<br>18,0  |
| 529 | 08.02.<br>17 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> | 49°18,8'N<br>28°42,4'E | 238°<br>19      | Jupiter<br>Mars<br>Vega           | 03 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup><br>03 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup><br>03 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> | 35°40,5'<br>42°31,0'<br>13°36,0' | +1 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup><br>+1,2'<br>14,1  |
| 530 | 06.02.<br>06 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> | 12°47,2'N<br>36°19,6'W | 300°<br>28      | Antares<br>Vega<br>Regulus        | 08 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup><br>08 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup><br>08 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> | 47°00,0'<br>39°22,5'<br>13°53,0' | +2 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup><br>-3,1'<br>16,7  |
| 531 | 23.11.<br>20 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> | 59°54,3'S<br>17°33,5'E | 204°<br>18      | Sirius<br>Rigil Kent<br>Fomalhaut | 07 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup><br>07 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 03 <sup>s</sup><br>07 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> | 16°17,5'<br>32°15,0'<br>52°44,5' | +2 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup><br>-0,6'<br>5,4   |
| 532 | 02.09.<br>06 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> | 28°42,1'S<br>33°41,2'W | 29°<br>22       | Sirius<br>Achernar<br>Aldebaran   | 08 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup><br>08 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup><br>08 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> | 58°56,0'<br>46°53,5'<br>44°49,0' | -2 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup><br>+3,2'<br>11,5m |
| 533 | 03.09.<br>19 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> | 54°36,8'N<br>29°18,7'E | 150°<br>19      | Altair<br>Arcturus<br>Capella     | 05 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 04 <sup>s</sup><br>05 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup><br>05 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup> | 39°30,0'<br>34°06,5'<br>11°21,0' | -6 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup><br>+1,4'<br>16,7  |
| 534 | 14.03.<br>05 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> | 13°47,2'S<br>34°18,6'W | 346°<br>20      | Arcturus<br>Altair<br>Rigil Kent  | 07 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup><br>07 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup><br>08 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> | 40°15,5'<br>40°19,5'<br>36°57,0' | -15 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup><br>-1,8'<br>12,9 |
| 535 | 16.03.<br>18 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> | 2°56,3'N<br>12°42,3'E  | 175°<br>17      | Venus<br>Jupiter<br>Sirius        | 05 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup><br>05 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup><br>05 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup> | 10°00,0'<br>68°50,5'<br>68°30,0' | +1 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup><br>+7,8'<br>11,5  |

| №   | Date<br>OT                                | Lat<br>Long            | Course<br>V, kn | Name                             | CT                                                                                                                                                    | Hs                               | CE<br>i+s<br>e, m                                 |
|-----|-------------------------------------------|------------------------|-----------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|
| 536 | 14.03.<br>18 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> | 44°19,6'S<br>25°27,6'W | 210°<br>21      | Rigil Kent<br>Procyon<br>Mars    | 08 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup><br>08 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup><br>08 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> | 23°01,0'<br>36°23,5'<br>12°24,0' | -30 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup><br>-3,1'<br>12,7 |
| 537 | 08.02.<br>19 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> | 39°59,5'S<br>43°41,2'E | 30°<br>18       | Sirius<br>Canopus<br>Mars        | 04 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 03 <sup>s</sup><br>04 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup><br>04 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> | 55°13,5'<br>69°23,0'<br>19°16,5' | +1 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup><br>-1,6'<br>17,8  |
| 538 | 21.11.<br>05 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> | 18°47,3'N<br>14°51,6'W | 154°<br>16      | Venus<br>Sirius<br>Capella       | 06 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup><br>06 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup><br>06 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup> | 20°48,0'<br>33°49,5'<br>28°55,5' | -2 <sup>m</sup> 01 <sup>s</sup><br>+0,8'<br>18,0  |
| 539 | 03.09.<br>17 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> | 59°18,8'S<br>28°42,4'E | 238°<br>19      | Venus<br>Canopus<br>Altair       | 03 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup><br>03 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 08 <sup>s</sup><br>03 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup> | 34°30,0'<br>24°32,5'<br>11°17,0' | +1 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup><br>+1,2'<br>14,1  |
| 540 | 14.03.<br>06 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> | 22°47,2'S<br>36°19,6'W | 300°<br>28      | Arcturus<br>Altair<br>Rigil Kent | 08 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup><br>08 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 08 <sup>s</sup><br>08 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> | 30°18,0'<br>40°44,5'<br>43°03,5' | +2 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup><br>-3,1'<br>16,7M |
| 541 | 08.02.<br>18 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> | 19°54,3'N<br>17°33,5'E | 204°<br>18      | Mars<br>Sirius<br>Capella        | 05 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup><br>05 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup><br>05 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup> | 49°05,0'<br>31°27,5'<br>57°39,0' | +2 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup><br>-0,6'<br>5,4   |
| 542 | 21.11.<br>04 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> | 38°42,1'S<br>33°41,2'W | 29°<br>22       | Betelgeuse<br>Canopus<br>Venus   | 06 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup><br>06 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 08 <sup>s</sup><br>06 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> | 32°55,0'<br>65°06,5'<br>14°50,0' | -2 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup><br>+3,2'<br>11,5  |
| 543 | 03.09.<br>17 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> | 44°36,8'S<br>29°18,7'E | 150°<br>19      | Venus<br>Achernar<br>Altair      | 03 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 04 <sup>s</sup><br>03 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup><br>03 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup> | 41°41,5'<br>18°11,5'<br>20°43,5' | -6 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup><br>+1,4'<br>16,7  |
| 544 | 14.03.<br>06 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> | 23°47,2'N<br>34°18,6'W | 346°<br>20      | Vega<br>Arcturus<br>Antares      | 08 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup><br>08 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup><br>08 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> | 67°57,0'<br>46°27,5'<br>37°53,0' | -15 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup><br>-1,8'<br>12,9 |
| 545 | 08.02.<br>18 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> | 12°56,3'S<br>12°42,3'E | 175°<br>17      | Jupiter<br>Mars<br>Canopus       | 05 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup><br>05 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup><br>05 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup> | 35°57,5'<br>43°09,0'<br>39°58,5' | +1 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup><br>+7,8'<br>11,5  |
| 546 | 01.09.<br>04 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> | 54°19,6'N<br>25°27,6'W | 210°<br>21      | Jupiter<br>Vega<br>Aldebaran     | 06 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup><br>06 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup><br>06 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup> | 20°50,5'<br>12°45,0'<br>49°33,0' | -30 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup><br>-3,1'<br>12,7 |
| 547 | 08.02.<br>18 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> | 29°59,5'N<br>43°41,2'E | 30°<br>18       | Sirius<br>Capella<br>Mars        | 03 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup><br>03 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup><br>03 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> | 22°01,5'<br>62°45,0'<br>46°58,5' | +1 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup><br>-1,6'<br>17,8  |

| <b>№</b> | <b>Date<br/>OT</b>                        | <b>Lat<br/>Long</b>    | <b>Course<br/>V, kn</b> | <b>Name</b>                    | <b>CT</b>                                                                                                                                             | <b>Hs</b>                        | <b>CE<br/>i+s<br/>e, m</b>                        |
|----------|-------------------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|
| 548      | 14.03.<br>05 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> | 58°47,3'N<br>14°51,6'W | 154°<br>16              | Vega<br>Arcturus<br>Capella    | 06 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup><br>06 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup><br>06 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> | 65°20,5'<br>39°40,5'<br>14°55,0' | -2 <sup>m</sup> 01 <sup>s</sup><br>+0,8'<br>18,0  |
| 549      | 23.11.<br>17 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> | 29°18,8'N<br>28°42,4'E | 238°<br>19              | Vega<br>Fomalhaut<br>Mirfak    | 03 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup><br>03 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup><br>03 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup> | 55°44,5'<br>26°56,0'<br>22°21,0' | +1 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup><br>+1,2'<br>14,1  |
| 550      | 06.02.<br>06 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> | 32°47,2'N<br>36°19,6'W | 300°<br>28              | Antares<br>Vega<br>Regulus     | 08 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup><br>08 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup><br>08 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> | 28°42,0'<br>50°51,5'<br>15°26,0' | +2 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup><br>-3,1'<br>16,7  |
| 551      | 03.09.<br>17 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> | 29°54,3'S<br>17°33,5'E | 204°<br>18              | Venus<br>Altair<br>Rigil Kent  | 04 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 01 <sup>s</sup><br>04 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup><br>04 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup> | 44°01,5'<br>30°41,0'<br>52°35,0' | +2 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup><br>-0,6'<br>5,4M  |
| 552      | 21.11.<br>07 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> | 48°42,1'N<br>33°41,2'W | 29°<br>22               | Saturn<br>Venus<br>Vega        | 09 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup><br>09 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup><br>09 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> | 25°18,5'<br>18°23,0'<br>15°44,5' | -2 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup><br>+3,2'<br>11,5  |
| 553      | 16.03.<br>18 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> | 54°36,8'N<br>29°18,7'E | 150°<br>19              | Mars<br>Procyon<br>Deneb       | 04 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup><br>04 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 04 <sup>s</sup><br>04 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> | 35°50,0'<br>36°11,5'<br>16°00,0' | -6 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup><br>+1,4'<br>16,7  |
| 554      | 01.09.<br>06 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> | 33°47,2'S<br>34°18,6'W | 346°<br>20              | Saturn<br>Canopus<br>Fomalhaut | 08 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup><br>08 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup><br>08 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> | 31°24,5'<br>63°17,0'<br>18°56,0' | -15 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup><br>-1,8'<br>12,9 |
| 555      | 08.02.<br>18 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> | 22°56,3'N<br>12°42,3'E | 175°<br>17              | Sirius<br>Capella<br>Mars      | 05 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup><br>05 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup><br>05 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup> | 25°00,0'<br>56°52,5'<br>50°28,5' | +1 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup><br>+7,8'<br>11,5  |

В задачах №№ 556– 585 необходимо:

Определить место судна по “одновременным” наблюдениям 4-х светил.

| №   | Date<br>OT<br>№п                                 | Lat<br>Long             | Course<br>V, kn | Name                                           | GMT <sup>start</sup><br>ΔT                                                                                                                                                                  | Hs                                           | <i>i</i> +<br><i>s</i><br><i>e</i> , m<br><i>t</i> ° C<br><i>B</i> , mb |
|-----|--------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 556 | 23.05.<br>06 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup><br>11E | 25°14,0'S<br>162°26,0'E | 295°<br>17      | Diphda<br>Achernar<br>Nunki<br>Altair          | 19 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>02 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup><br>08 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup><br>11 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup><br>15 <sup>m</sup> 08 <sup>s</sup> | 51°12,4'<br>40°43,9'<br>47°02,6'<br>41°57,3' | +0,6'<br>12,7<br>+28°<br>1029,4                                         |
| 557 | 25.05.<br>04 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup><br>11E | 37°27,0'N<br>158°09,0'E | 238°<br>19      | Alpheratz<br>Fomalhaut<br>Kochab<br>Rasalhague | 17 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>04 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup><br>08 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup><br>11 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup><br>15 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup> | 40°30,1'<br>12°57,3'<br>38°16,1'<br>45°31,3' | +1,2'<br>12,0<br>+22°<br>995,0                                          |
| 558 | 22.05.<br>16 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup><br>6W  | 27°16,0'S<br>76°42,0'W  | 142°<br>15      | Spica<br>Canopus<br>Regulus<br>Rigel           | 22 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>02 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup><br>05 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup><br>10 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup><br>14 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> | 33°12,8'<br>46°43,3'<br>50°19,9'<br>23°58,2' | -0,9'<br>13,5<br>+18°<br>1024,1                                         |
| 559 | 19.10.<br>17 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup><br>5W  | 22°45,0'N<br>67°16,0'W  | 66°<br>17       | Fomalhaut<br>Antares<br>Deneb<br>Kochab        | 22 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>01 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup><br>05 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup><br>10 <sup>m</sup> 01 <sup>s</sup><br>13 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup> | 19°28,2'<br>22°00,1'<br>65°14,3'<br>26°00,5' | +0,6'<br>17,5<br>+12°<br>1018,0                                         |
| 560 | 24.05.<br>06 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup><br>12E | 41°32,0'S<br>178°26,0'E | 84°<br>19,5     | Achernar<br>Diphda<br>Rigil Kent<br>Altair     | 18 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>03 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup><br>07 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup><br>11 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup><br>15 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup> | 56°58,2'<br>54°08,2'<br>23°29,6'<br>26°03,9' | -1,2'<br>14,0<br>+16°<br>991,0                                          |
| 561 | 20.10.<br>06 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup><br>12E | 57°40,0'N<br>172°26,0'E | 236°<br>15,0    | Regulus<br>Alioth<br>Aldebaran<br>Mirfak       | 18 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>03 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup><br>07 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup><br>11 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup><br>15 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> | 36°28,7'<br>49°56,5'<br>35°48,6'<br>51°27,9' | -0,3'<br>11,5<br>-10°<br>1030,5                                         |

| <b>№</b> | <b>Date<br/>OT<br/>№п</b>                        | <b>Lat<br/>Long</b>     | <b>Course<br/>V, kn</b> | <b>Name</b>                                | <b>GMT<sup>start</sup><br/>ΔT</b>                                                                                                                                                           | <b>Hs</b>                                    | <b>i+s<br/>e, m<br/>t° C<br/>B, mb</b> |
|----------|--------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|
| 562      | 18.10.<br>17 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup><br>10W | 30°25,0'S<br>139°30,0'W | 92°<br>14,5             | Fomalhaut<br>Achernar<br>Vega<br>Antares   | 03 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>05 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup><br>08 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup><br>11 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup><br>15 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup> | 55°17,7'<br>30°41,6'<br>16°41,2'<br>38°19,5' | +0,5'<br>10,5<br>+21°<br>997,5         |
| 563      | 23.05.<br>05 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup><br>11E | 32°26,0'S<br>171°56,0'E | 305°<br>17,0            | Achernar<br>Alpheratz<br>Peacock<br>Altair | 18 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>04 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup><br>08 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup><br>11 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup><br>14 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> | 47°39,5'<br>23°15,1'<br>58°47,9'<br>35°07,7' | +1,0'<br>14,5<br>+18°<br>1030,7        |
| 564      | 20.10.<br>05 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup><br>10E | 71°17,0'N<br>165°59,0'E | 134°<br>15,0            | Regulus<br>Alioth<br>Capella<br>Deneb      | 18 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>05 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup><br>10 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup><br>14 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup><br>18 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> | 27°19,6'<br>56°42,1'<br>58°06,7'<br>26°48,6' | -1,1'<br>12,5<br>-12°<br>1024,0        |
| 565      | 20.10.<br>05 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup><br>7E  | 5°32,0'S<br>100°35,0'E  | 180°<br>16,5            | Regulus<br>Suhail<br>Capella<br>Rigel      | 22 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>03 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup><br>07 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup><br>11 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup><br>15 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> | 40°51,7'<br>43°55,4'<br>32°28,0'<br>60°02,2' | +1,0'<br>15,0<br>+27°<br>984,2         |
| 566      | 21.05.<br>18 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup><br>9W  | 27°24,0'N<br>130°16,0'W | 290°<br>18,0            | Arcturus<br>Dubhe<br>Alphard<br>Pollux     | 03 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>04 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup><br>08 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup><br>12 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup><br>16 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> | 44°40,9'<br>55°38,4'<br>46°45,3'<br>44°44,5' | -0,7'<br>11,6<br>+30°<br>1005,5        |
| 567      | 20.10.<br>06 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup><br>11E | 45°34,0'N<br>156°57,0'E | 240°<br>19,0            | Regulus<br>Dubhe<br>Rigel<br>Mirfak        | 19 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>04 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup><br>08 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup><br>11 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup><br>15 <sup>m</sup> 03 <sup>s</sup> | 43°19,3'<br>56°50,5'<br>27°01,7'<br>47°22,0' | -0,2'<br>13,5<br>+5°<br>1024,1         |
| 568      | 24.05.<br>06 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup><br>8E  | 21°18,0'S<br>109°57,0'E | 160°<br>17,5            | Achernar<br>Alpheratz<br>Deneb<br>Nunki    | 22 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>03 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup><br>06 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup><br>09 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup><br>12 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> | 36°51,6'<br>31°29,6'<br>20°46,2'<br>45°25,5' | +1,1'<br>10,8<br>+20°<br>1004,1        |

| <b>№</b> | <b>Date<br/>OT<br/>№п</b>                        | <b>Lat<br/>Long</b>     | <b>Course<br/>V, kn</b> | <b>Name</b>                                | <b>GMT<sup>start</sup><br/>ΔT</b>                                                                                                                                                           | <b>Hs</b>                                    | <b>i+s<br/>e, m<br/>t° C<br/>B, mb</b> |
|----------|--------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|
| 569      | 20.10.<br>05 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup><br>12W | 62°12,0'N<br>177°42,0'W | 235°<br>16,0            | Alioth<br>Regulus<br>Deneb<br>Capella      | 17 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>03 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup><br>07 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup><br>11 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup><br>16 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> | 52°04,0'<br>33°53,0'<br>18°07,5'<br>62°32,4' | +0,6'<br>16,5<br>-10°<br>1026,7        |
| 570      | 20.10.<br>16 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup><br>11W | 54°13,0'N<br>156°45,0'W | 30°<br>16,5             | Alpheratz<br>Altair<br>Arcturus<br>Kochab  | 03 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>03 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup><br>08 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup><br>10 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup><br>14 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> | 31°58,8'<br>44°12,6'<br>24°08,3'<br>57°23,3' | +0,3'<br>13,8<br>+1°<br>1017,5         |
| 571      | 22.05.<br>16 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup><br>4W  | 21°18,0'S<br>39°50,0'W  | 32°<br>17,0             | Spica<br>Regulus<br>Canopus<br>Sirius      | 20 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>05 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup><br>08 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup><br>11 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup><br>15 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> | 35°55,6'<br>56°25,6'<br>40°12,8'<br>45°48,3' | 0,0'<br>14,5<br>+23°<br>1000,0         |
| 572      | 19.10.<br>18 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup><br>4W  | 42°25,0'S<br>51°58,0'W  | 60°<br>15,5             | Fomalhaut<br>Enif<br>Rigil Kent<br>Antares | 22 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>02 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup><br>06 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup><br>10 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup><br>14 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> | 59°07,5'<br>35°50,2'<br>35°40,6'<br>35°38,1' | +0,5'<br>13,5<br>+18°<br>1004,1        |
| 573      | 23.05.<br>19 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup><br>10W | 24°22,0'N<br>154°43,0'W | 54°<br>18,0             | Arcturus<br>Spica<br>Dubhe<br>Procyon      | 05 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>03 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup><br>08 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup><br>11 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup><br>14 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> | 45°02,1'<br>41°07,7'<br>52°44,6'<br>35°37,2' | -1,5'<br>15,0<br>+30°<br>990,9         |
| 574      | 24.05.<br>05 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup><br>7E  | 20°33,0'S<br>107°54,0'E | 161°<br>17,5            | Diphda<br>Alpheratz<br>Peacock<br>Nunki    | 22 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>02 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup><br>05 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup><br>07 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup><br>10 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> | 51°33,4'<br>31°59,3'<br>49°34,2'<br>45°54,7' | -0,4'<br>11,5<br>+24°<br>997,5         |
| 575      | 23.05.<br>05 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup><br>10E | 31°43,0'N<br>135°29,0'E | 232°<br>18,0            | Fomalhaut<br>Mirfak<br>Altair<br>Kochab    | 19 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>05 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup><br>08 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup><br>11 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup><br>15 <sup>m</sup> 08 <sup>s</sup> | 18°38,2'<br>15°37,5'<br>65°22,6'<br>31°42,0' | +0,9'<br>14,2<br>+28°<br>995,0         |

| <b>№</b> | <b>Date<br/>OT<br/>№п</b>                        | <b>Lat<br/>Long</b>     | <b>Course<br/>V, kn</b> | <b>Name</b>                                | <b>GMT<sup>start</sup><br/>ΔT</b>                                                                                                                                                           | <b>Hs</b>                                    | <b>i+s<br/>e, m<br/>t° C<br/>B, mb</b> |
|----------|--------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|
| 576      | 21.10.<br>04 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup><br>10E | 43°18,0'S<br>156°38,0'E | 49°<br>16,5             | Alphard<br>Rigil Kent<br>Achernar<br>Rigel | 17 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>03 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup><br>07 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>09 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup><br>11 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup> | 35°37,5'<br>23°14,2'<br>45°11,6'<br>52°04,8' | +1,4'<br>16,2<br>+19°<br>1000,2        |
| 577      | 20.10.<br>17 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup><br>3W  | 51°23,0'N<br>47°25,0'W  | 261°<br>16,5            | Alpheratz<br>Altair<br>Kochab<br>Arcturus  | 20 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>02 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup><br>05 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup><br>08 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup><br>11 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> | 32°15,5'<br>47°00,2'<br>54°55,6'<br>23°15,6' | +0,4'<br>12,5<br>-5°<br>1024,1         |
| 578      | 22.05.<br>18 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup><br>11W | 27°38,0'S<br>169°35,0'W | 64°<br>17,5             | Spica<br>Regulus<br>Canopus<br>Rigel       | 04 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>04 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup><br>08 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup><br>12 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup><br>17 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup> | 33°27,2'<br>49°46,6'<br>46°08,4'<br>23°31,8' | +0,7'<br>14,5<br>+25°<br>1004,1        |
| 579      | 24.05.<br>05 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup><br>10E | 41°29,0'N<br>131°33,0'E | 193°<br>17,0            | Alpheratz<br>Altair<br>Kochab<br>Arcturus  | 18 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>03 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup><br>06 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup><br>09 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup><br>12 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> | 37°32,8'<br>57°31,0'<br>43°10,9'<br>15°22,4' | -0,4'<br>15,5<br>+17°<br>1017,5        |
| 580      | 19.10.<br>05 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup><br>12W | 61°36,0'N<br>177°13,0'W | 213°<br>16,5            | Alioth<br>Procyon<br>Deneb<br>Capella      | 17 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>05 <sup>m</sup> 08 <sup>s</sup><br>07 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup><br>11 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup><br>14 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> | 52°00,1'<br>33°42,5'<br>17°36,1'<br>62°50,8' | -0,2'<br>10,5<br>-7°<br>1026,8         |
| 581      | 22.05.<br>17 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup><br>6W  | 17°28,0'S<br>84°16,0'W  | 146°<br>17,5            | Spica<br>Regulus<br>Canopus<br>Betelgeuse  | 23 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>03 <sup>m</sup> 03 <sup>s</sup><br>06 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup><br>09 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup><br>13 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> | 37°39,6'<br>60°26,8'<br>35°56,4'<br>24°44,8' | -0,7'<br>10,2<br>+24°<br>1008,2        |
| 582      | 22.05.<br>19 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup><br>2W  | 40°30,0'N<br>27°20,0'W  | 53°<br>15,5             | Arcturus<br>Kochab<br>Regulus<br>Capella   | 21 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>03 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup><br>07 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup><br>11 <sup>m</sup> 03 <sup>s</sup><br>14 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> | 49°55,8'<br>49°53,7'<br>54°50,6'<br>23°32,4' | +1,5'<br>10,2<br>+24°<br>1008,1        |

| №   | Date<br>OT<br>№п                                 | Lat<br>Long             | Course<br>V, kn | Name                                      | GMT <sup>start</sup><br>ΔT                                                                                                                                                                  | Hs                                           | i+s<br>e, m<br>t° C<br>B, mb    |
|-----|--------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|
| 583 | 20.10.<br>17 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup><br>11W | 67°42,0'N<br>171°13,0'W | 331°<br>16,5    | Deneb<br>Capella<br>Alioth<br>Rasalhague  | 04 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>01 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup><br>05 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup><br>09 <sup>m</sup> 06 <sup>s</sup><br>12 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup> | 62°43,5'<br>25°01,3'<br>50°41,1'<br>33°30,8' | -0,8'<br>12,0<br>-10°<br>1028,1 |
| 584 | 21.10.<br>06 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup><br>12W | 69°10,0'N<br>175°10,0'W | 145°<br>16,0    | Regulus<br>Vega<br>Procyon<br>Schedar     | 17 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>05 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup><br>10 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup><br>15 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup><br>19 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> | 29°34,0'<br>19°24,2'<br>25°54,5'<br>44°16,8' | +1,2'<br>9,6<br>-5°<br>1008,1   |
| 585 | 25.05.<br>04 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup><br>12E | 45°45,0'N<br>169°46,0'E | 257°<br>18,0    | Alpheratz<br>Altair<br>Kochab<br>Arcturus | 16 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>07 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup><br>11 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup><br>15 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup><br>19 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> | 35°05,9'<br>53°05,6'<br>48°14,3'<br>18°33,8' | -0,1'<br>16,5<br>+27°<br>1001,5 |

#### 4. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Разобрать порядок работы с Nautical Almanac (альманахом) и рабочие формулы.
2. Разобрать порядок определения места судна по “одновременным” наблюдениям 3-4-х светил.
3. Выдать задания для самостоятельной работы студентов по определению места судна по “одновременным” наблюдениям 3-4-х светил.
4. Выполнить проверку выполнения заданий. Подвести итог по занятию.

#### 6. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Михайлов В.С. Практическая мореходная астрономия. Электронный учебник/ В.С. Михайлов, В.Г. Кудрявцев, В.С. Давыдов. – Киев, 2009. – 293 с.
2. Панасенко А.Н. Практическая мореходная астрономия: Учебное пособие для курсантов морских специальностей – Владивосток, 2011, 94 с.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА ПО “РАЗНОВРЕМЕННЫМ” НАБЛЮДЕНИЯМ ВЫСОТ СОЛНЦА

#### 1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Приобретение компетенций согласно таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Формируемые компетенции

| Формируемая компетенция                                               | Владения | Умения                                                               | Знания                  |
|-----------------------------------------------------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Профессиональные компетенции, устанавливаемые ООП                     |          |                                                                      |                         |
| Умеет использовать небесные тела для определения местоположения судна | —        | Определение места судна по “разновременным” наблюдениям высот Солнца | Определение места судна |

Объем: 2 академических часа.

#### Содержание:

1. Контроль знаний по предыдущей теме в виде устного опроса – 5 мин.
2. Порядок работы с Nautical Almanac и рабочие формулы – 5 мин.
3. Расчет местного часового угла и склонения Солнца – 5 мин.
4. Расчет Азимута и высоты Солнца – 5 мин.
5. Исправление высот и приведение к одному зениту – 5 мин
6. Графическое нахождение обсервованных координат судна – 5 мин.
7. Самостоятельная работа студентов – решение задач по определению места судна по “разновременным” наблюдениям высот Солнца – 50 мин.
8. Подведение итогов занятия – 10 мин.

#### Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Астрономические пособия, бланки вычислений.
4. Тематические плакаты.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Для определения места судна в море астрономическим способом необходимо, чтобы в поле зрения наблюдателя находилось не менее 2-х светил. В дневное время мы наблюдаем одно светило – Солнце и реже два – Солнце и Луну. Поэтому, при определении места судна в дневное время используется *способ разновременных измерений высот Солнца*.

К разновременным наблюдениям относятся измерения высот одного или нескольких светил, разделенные большим промежутком времени, за который судно проходит расстояние более 10 миль.

Промежуток времени между двумя наблюдениями определяется необходимостью изменения азимута светила не менее, чем на  $30^\circ$ . (Если  $\Delta A < 30^\circ$  – низкая точность обсервованного места, т.к. ВЛП пересекаются под острым углом).

При различных условиях этот промежуток времени для Солнца может достигать от 2-х до 4-х часов.

Необходимо помнить, что *наиболее быстро азимут изменяется при нахождении светила вблизи меридиана наблюдателя, когда  $h = \max$* .

Чтобы обосновать способ получения обсервованного места по разновременным наблюдениям Солнца, рассмотрим рис. 5.1:

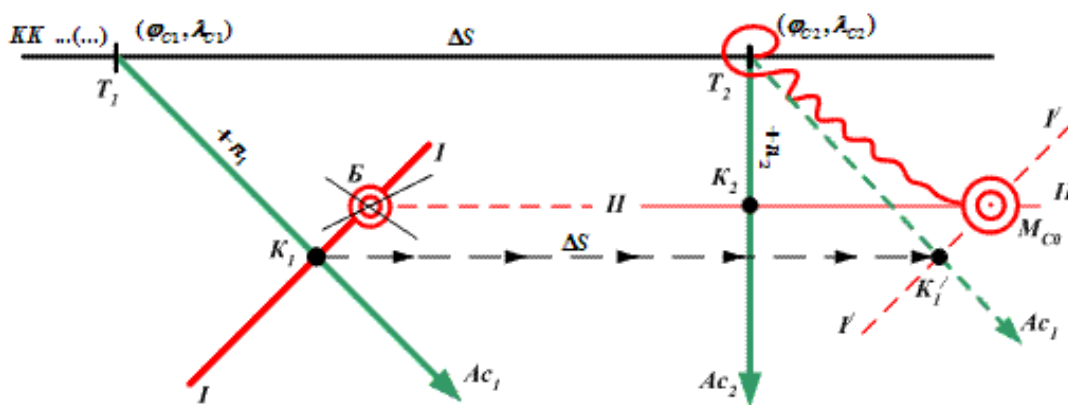


Рисунок 5.1 – Определение места судна в море по высотам Солнца

На момент  $T_1$  ( $\varphi_{C1}, \lambda_{C1}$ ) измерена серия (3÷5) высот Солнца, рассчитаны элементы ВЛП<sub>1</sub> ( $AC_1, n_1$ ), которые и проложены от сличимого места на момент  $T_1$ ;

Через промежуток времени, за который азимут Солнца изменился на угол не менее чем  $30^\circ$  произведены повторные наблюдения, рассчитаны элементы ВЛП<sub>2</sub> ( $AC_2, n_2$ ) с координатами ( $\varphi_{C2}, \lambda_{C2}$ ), которые и проложены от счислимого места на момент  $T_2$ .

Обсервованное место судна нельзя считать в точке пересечения ВЛП<sub>1</sub> и ВЛП<sub>2</sub> (в т. «Б»), так как высоты Солнца измерялись на моменты  $T_1$  и  $T_2$  из разных мест.

Отсюда следует, что линии положения необходимо привести к одному месту и, как правило,  $ВЛП_1$  приводят к  $ВЛП_2$  (к последней).

Этот способ приведения *аналогичен крьюйс-пеленгу*.

$ВЛП_1$  ( $ИП_1$  – при крьюйс-пеленге) смещается параллельно самой себе по направлению пути судна на величину пройденного судном расстояния  $\Delta S$  за  $t = T_2 - T_1$ .

Практически, для приведения  $ВЛП_1$  к  $ВЛП_2$ , следует определяющую точку « $K_1$ » перенести по направлению пути на  $\Delta S$ . Поэтому обе  $ВЛП$  можно прокладывать при втором счислимом месте (т. « $T_2$ »).

Расчет счислимо-обсервованных координат ( $\varphi_{C0}$ ,  $\lambda_{C0}$ ) аналогичен расчету обсервованных координат по высотам двух звезд.

Для повышения точности способа, необходимо особо тщательно вести графическое счисление между наблюдениями, точно измерять высоты Солнца и добиваться большего значения  $\Delta A$ .

Если исходить только из угла пересечения ВЛП, то более высокую точность мы получим при  $\Delta A = \theta = 90^\circ$ , но для выполнения этого условия в средних широтах необходимо иметь время между наблюдениями до 6 часов, а за это время преобладающей уже будет погрешность в счислении. *Поэтому оптимальным вариантом можно считать изменение азимута Солнца на  $40^\circ \div 50^\circ$ .*

Если наблюдатель не связан необходимостью получить обсервованное место в какой-то определенный момент, то первые и вторые наблюдения в средних и малых широтах выгодно производить за одинаковое время ( $\sim 2$  часа) до и после кульминации Солнца. В этом случае интервал между наблюдениями оказывается наименьшим для получения нужного нам изменения азимута « $\Delta A$ », так как азимут Солнца в это время меняется быстрее всего.

Достоинства способа:

- место судна можно получить по одному светилу и днем;
- точность счислимо-обсервованного места достаточно высока, хотя и ниже, чем точность места по двум одновременным ВЛП.

*Практическое выполнение способа определения места судна по Солнцу.*

Подготовка к наблюдениям.

1. Рассчитать время выхода на первые (до кульминации Солнца) и вторые (после кульминации Солнца) наблюдения.
2. Перед выходом на первые наблюдения подготовить навигационный секстан к работе – произвести его выверки.

3. Определить поправку индекса секстана ( $i$ ) по Солнцу, применяя контроль измерений.

#### Наблюдения.

1. Измерить серию ( $3 \div 5$ ) высот Солнца.
2. Рассчитать среднее время серии ( $CT_1$ ) и средний отсчет секстана ( $Hs_1$ ).
3. Записать судовое время первых наблюдений  $OT_1$  (Observation time), счислимые координаты  $\varphi_{c1}$  и  $\lambda_{c1}$ , истинный курс (Course), скорость судна  $V$ , температуру воздуха  $t^\circ C$ , атмосферное давление  $B$  мб.

#### Вычисления.

1. По судовому времени наблюдений  $OT_1$ , на которое записаны счислимые координаты судна, и номеру часового пояса № определяют дату на гринвичском меридиане и приближенное гринвичское время первых измерений

$$GMT_1 = OT_1 \pm N_{2E}^W$$

Рассчитывают точные значения гринвичского времени наблюдений по хронометру

$$GMT_1 = CT_1 + CE$$

2. С помощью NA рассчитываются экваториальные координаты Солнца  $LHA_1, Dec_1$ .

3. С помощью калькулятора или по таблицам решается параллактический треугольник. Рассчитывается  $Hc_1, Zn_1$ .

4. Исправляется высота Солнца  $Hs_1$  и рассчитывается обсервованная высота  $Ho_1$ . *Отличительной особенностью при исправлении высот Солнца является учет наблюдаемого края Солнца (Lower, Upper Limb) и месяца года (Oct – Mart, Apr – Sept).*

5. Рассчитываются элементы высотных линий положений (ВЛП):  $Zn$  – азимуты Солнца в круговом счете и перенос  $p$  – (intercept) в угловых минутах

$$p = H_0 - H_c$$

IV. Вторые наблюдения выполняют в намеченное время (после кульминации Солнца), вычисление элементов ВЛП производится в том же порядке, что и первые.

#### V. Графическое определение обсервованных координат

Прокладку обеих ВЛП выполняют из счислимой точки, соответствующей моменту *вторых наблюдений* ( $\varphi_{c2}, \lambda_{c2}$ ). Счислимо-обсервованное место судна принимают в точке пересечения  $ВЛП_1$  и  $ВЛП_2$ .

## VI. Анализ обсервации.

Радиальная (круговая) СКП счислимо-обсервованного места судна рассчитывается по формуле:

$$M_{co} = \frac{1}{\sin \Delta Zn} \times \sqrt{2m_h + \frac{Mc^2}{2}}$$

где  $\Delta Zn$  – разность азимутов ( $Zn_2 - Zn_1 \leq 90^\circ$ ;

$m_h$  – СКП измерения высоты Солнца (наблюдения равноточны, т.е.  $m_{ЛП1} = m_{ЛП2} = m_{ЛПp} = m_h$ );

$Mc$  – СКП счисления за время между наблюдениями ( $t = T_2 - T_1$ ).

Из формулы следует, что точность счислимо-обсервованного места зависит от:

- точности измерения высоты –  $m_h$ ;
- угла пересечения ВЛП  $\rightarrow \Delta A = \theta = A_{C2} - A_{C1}$ ;
- точности счисления пути судна за время между наблюдениями.

Порядок выполнения расчетов рассмотрим на примере:

### *Пример*

01.09.2002 в судовое время  $OT_1 = 14^h 09^m$ , судно находилось в точке с координатами  $\varphi_{c1} = 69^\circ 43,7'N$ ;  $\lambda_{c1} = 176^\circ 48,3'W$ . Наблюдали высоту верхнего края Солнца: время по хронометру  $CT_1 = 02^h 13^m 22^s$ , отсчет секстана  $H_{s1} = 24^\circ 36,5'$

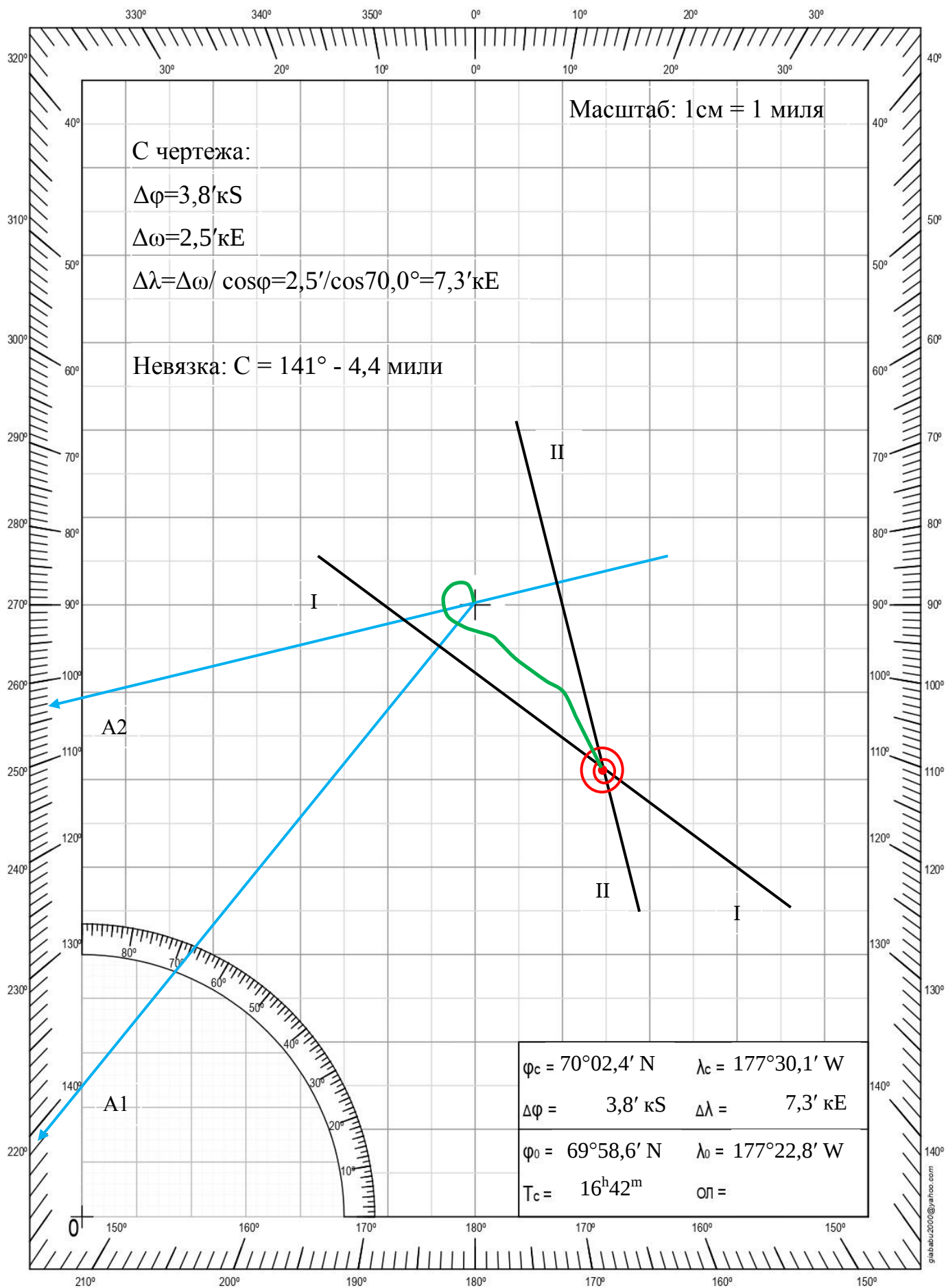
В судовое время  $OT_2 = 16^h 42^m$  судно находилось в точке с координатами  $\varphi_{c2} = 70^\circ 02,4'N$ ;  $\lambda_{c2} = 177^\circ 30,1'W$ . Наблюдали высоту верхнего края Солнца: время по хронометру  $CT_2 = 04^h 46^m 15^s$ , отсчет секстана  $H_{s2} = 13^\circ 37,0'$

Другие данные: поправка хронометра  $CE = -4^m 10^s$ , поправка секстана  $i+s = +2,3'$ , высота глаза наблюдателя  $e = 15,3m$ ; температура воздуха  $+10^\circ C$ , давление  $1010,1 mб$ .

Определить место судна по «разновременным» наблюдениям Солнца.

На практических занятиях решение всех астрономических задач будет осуществляться на специализированных бланках:

|  | Sun Up Limb                                     | Sun Up Limb                                     | I line                                                                                                         |  |                       |        |         |          |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------|--------|---------|----------|---------|
|                                                                                   | I line                                          | II line                                         | $\sin(Hc) = \sin(Lat) \times \sin(Dec) + \cos(Lat) \times \cos(Dec) \times \cos(LHA)$                          |  |                       |        |         |          |         |
| <b>OT</b>                                                                         | 14 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup>                 | 16 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>                 | 0,41017 = 0,93806 × 0,13963 + 0,34647 × 0,9902 × 0,81376                                                       |  |                       |        |         |          |         |
| $N_2 \frac{E-}{W+}$                                                               | 12 W                                            | 12 W                                            | <b>Hc</b> = 24°12,9'                                                                                           |  |                       |        |         |          |         |
| <b>GMT</b>                                                                        | 02 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup>                 | 04 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>                 | $\text{ctg}(Zn) = \text{tg}(Dec) \times \cos(Lat) \times \text{cosec}(LHA) - \sin(Lat) \times \text{ctg}(LHA)$ |  |                       |        |         |          |         |
| <b>Date</b>                                                                       | 02.09.                                          | 02.09.                                          | -1,22935 = 0,14102 × 0,34647 × 1,72058 - 0,93806 × 1,40014                                                     |  |                       |        |         |          |         |
| <b>CT</b>                                                                         | 02 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> | 04 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> | <b>Z</b> = -39°07,6' (+180°) = N140°52,4'W                                                                     |  |                       |        |         |          |         |
| <b>CE</b>                                                                         | -4 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup>                 | -4 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup>                 | II line                                                                                                        |  |                       |        |         |          |         |
| <b>GMT</b>                                                                        | 02 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> | 04 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup> | $\sin(Hc) = \sin(Lat) \times \sin(Dec) + \cos(Lat) \times \cos(Dec) \times \cos(LHA)$                          |  |                       |        |         |          |         |
| <b>GHA tab</b>                                                                    | 210°02,4'                                       | 240°02,8'                                       | 0,22907 = 0,93993 × 0,13897 + 0,34136 × 0,9903 × 0,29123                                                       |  |                       |        |         |          |         |
| <b>Incr</b>                                                                       | 2°18,0'                                         | 10°31,2'                                        | <b>Hc</b> = 13°14,6'                                                                                           |  |                       |        |         |          |         |
| <b>v-corr</b>                                                                     | —                                               | —                                               | $\text{ctg}(Zn) = \text{tg}(Dec) \times \cos(Lat) \times \text{cosec}(LHA) - \sin(Lat) \times \text{ctg}(LHA)$ |  |                       |        |         |          |         |
| <b>GHA</b>                                                                        | 212°20,4'                                       | 250°34,0'                                       | -0,23607 = 0,14033 × 0,34136 × 1,04531 - 0,93993 × 0,30443                                                     |  |                       |        |         |          |         |
| <b>Long</b> $\frac{E+}{W-}$                                                       | 176°48,3'                                       | 177°30,1'                                       | <b>Z</b> = -76°43,1' (+180°) = N103°16,9'W                                                                     |  |                       |        |         |          |         |
| <b>LHA</b> <i>Aries</i>                                                           | —                                               | —                                               | III line                                                                                                       |  |                       |        |         |          |         |
| <b>SHA</b>                                                                        | —                                               | —                                               | $\sin(Hc) = \sin(Lat) \times \sin(Dec) + \cos(Lat) \times \cos(Dec) \times \cos(LHA)$                          |  |                       |        |         |          |         |
| <b>LHA</b> <sub>W</sub>                                                           | 35°32,1'                                        | 73°04,1'                                        |                                                                                                                |  |                       |        |         |          |         |
| <b>LHA</b> <sub>E</sub>                                                           |                                                 |                                                 | <b>Hc</b> =                                                                                                    |  |                       |        |         |          |         |
| <b>v / d</b>                                                                      | - / -0,9'                                       |                                                 | $\text{ctg}(Zn) = \text{tg}(Dec) \times \cos(Lat) \times \text{cosec}(LHA) - \sin(Lat) \times \text{ctg}(LHA)$ |  |                       |        |         |          |         |
| <b>Dec tab</b>                                                                    | 8°01,7' N                                       | 7°59,9' N                                       |                                                                                                                |  |                       |        |         |          |         |
| <b>d-corr</b>                                                                     | -0,1'                                           | -0,6'                                           | <b>Z</b> =                                                                                                     |  |                       |        |         |          |         |
| <b>Dec</b>                                                                        | 8°01,6' N                                       | 7°59,3' N                                       | III line                                                                                                       |  |                       |        |         |          |         |
| <b>Hs</b>                                                                         | 24°36,5'                                        | 13°37,0'                                        | $\sin(Hc) = \sin(Lat) \times \sin(Dec) + \cos(Lat) \times \cos(Dec) \times \cos(LHA)$                          |  |                       |        |         |          |         |
| <b>i + s</b>                                                                      | +2,3'                                           | +2,3'                                           |                                                                                                                |  |                       |        |         |          |         |
| <b>DIP</b>                                                                        | -6,9'                                           | -6,9'                                           | <b>Hc</b> =                                                                                                    |  |                       |        |         |          |         |
| <b>Ha</b>                                                                         | 24°31,9'                                        | 13°32,4'                                        | $\text{ctg}(Zn) = \text{tg}(Dec) \times \cos(Lat) \times \text{cosec}(LHA) - \sin(Lat) \times \text{ctg}(LHA)$ |  |                       |        |         |          |         |
| <b>Correction</b>                                                                 | <b>M corr</b>                                   | -17,9'                                          |                                                                                                                |  |                       |        |         |          |         |
|                                                                                   | <b>^t,b</b>                                     | 0,0'                                            | <b>Z</b> =                                                                                                     |  |                       |        |         |          |         |
|                                                                                   |                                                 |                                                 | Polaris                                                                                                        |  |                       | I line | II line | III line | IV line |
|                                                                                   |                                                 |                                                 | <b>Ho</b>                                                                                                      |  | <b>Zn</b>             |        |         |          |         |
| <b>Δh<sub>z</sub></b>                                                             |                                                 |                                                 | <b>a<sub>0</sub></b>                                                                                           |  | <b>Course</b>         |        |         |          |         |
| <b>Ho'</b>                                                                        | 24°14,0'                                        | 13°12,7'                                        | <b>a<sub>1</sub></b>                                                                                           |  | <b>Zn-Cour</b>        |        |         |          |         |
| <b>Hc</b>                                                                         | 24°12,9'                                        | 13°14,6'                                        | <b>a<sub>2</sub></b>                                                                                           |  | <b>V</b>              |        |         |          |         |
| <b>intercept</b>                                                                  | +1,1'                                           | -1,9'                                           | <b>-1°</b>                                                                                                     |  | <b>ΔT<sup>m</sup></b> |        |         |          |         |
| <b>Zn</b>                                                                         | 219,1°                                          | 256,7°                                          | <b>Lat<sub>0</sub></b>                                                                                         |  | <b>Δh<sub>z</sub></b> |        |         |          |         |



В задачах №№ 586– 615 необходимо:

Определить место судна по “разновременным” наблюдениям Солнца.

| №   | Date   | OT                                                                     | Lat<br>Long                                            | Limb<br>Sun   | CT                                                                                                     | Hs                       | CE<br>i+s<br>e, m<br>t° C<br>B, mb                                  |
|-----|--------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 586 | 14.03. | 14 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup><br><br>17 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> | 49°38,4'S<br>91°27,6'W<br><br>49°07,1'S<br>92°39,0'W   | Upper<br>Limb | 08 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 08 <sup>s</sup><br><br>11 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> | 34°33,5'<br><br>8°56,0'  | +2 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup><br>-1,6'<br>12,7<br>+12°<br>1008,1  |
| 587 | 07.02. | 10 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup><br><br>13 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> | 25°44,4'N<br>112°11,2'E<br><br>25°05,0'N<br>112°07,5'E | Lower<br>Limb | 03 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup><br><br>06 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup> | 45°30,5'<br><br>44°35,0' | +2 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup><br>-4,2'<br>11,5<br>+16°<br>1001,1  |
| 588 | 08.02. | 10 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup><br><br>13 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> | 43°52,5'N<br>138°17,6'E<br><br>43°29,8'N<br>137°15,9'E | Upper<br>Limb | 01 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup><br><br>04 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> | 29°02,5'<br><br>27°46,0' | +11 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup><br>-3,5'<br>14,0<br>+15°<br>1012,2 |
| 589 | 22.11. | 11 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup><br><br>13 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> | 8°31,0'N<br>109°37,0'E<br><br>9°05,8'N<br>109°46,4'E   | Lower<br>Limb | 04 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 01 <sup>s</sup><br><br>06 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> | 60°50,0'<br><br>49°51,5' | -5 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup><br>+2,4'<br>16,0<br>+16°<br>1003,1  |
| 590 | 22.11. | 13 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup><br><br>16 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> | 44°37,6'S<br>52°15,0'W<br><br>45°23,2'S<br>52°28,7'W   | Upper<br>Limb | 04 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup><br><br>07 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup> | 60°53,0'<br><br>36°38,5' | +6 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup><br>+2,5'<br>17,5<br>+5°<br>1017,7   |
| 591 | 02.09. | 11 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup><br><br>14 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> | 53°27,6'N<br>43°47,5'W<br><br>53°01,3'N<br>45°03,6'W   | Lower<br>Limb | 02 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup><br><br>05 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> | 43°45,0'<br><br>34°05,5' | +3 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup><br>-1,5'<br>18,5<br>+15°<br>1002,1  |

| <b>№</b> | <b>Date</b> | <b>OT</b>                                                              | <b>Lat<br/>Long</b>                                    | <b>Limb<br/>Sun</b> | <b>CT</b>                                                                                              | <b>Hs</b>                | <b>CE<br/>i+s<br/>e, m<br/>t° C<br/>B, mb</b>                       |
|----------|-------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 592      | 01.09.      | 13 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup><br><br>16 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> | 61°22,4'N<br>59°17,5'W<br><br>60°46,8'N<br>57°55,7'W   | Upper<br>Limb       | 05 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup><br><br>09 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> | 35°38,0'<br><br>16°46,5' | -30 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup><br>-3,1'<br>12,7<br>+13°<br>1020,1 |
| 593      | 07.02.      | 08 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup><br><br>12 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> | 44°42,5'S<br>153°28,7'E<br><br>44°03,4'S<br>152°39,3'E | Lower<br>Limb       | 10 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup><br><br>02 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> | 39°50,0'<br><br>60°28,5' | +5 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup><br>-2,7'<br>8,5<br>+15°<br>1014,1   |
| 594      | 15.03.      | 08 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup><br><br>11 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> | 50°24,5'N<br>146°50,0'E<br><br>49°47,9'N<br>147°36,2'E | Upper<br>Limb       | 10 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup><br><br>01 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup> | 16°40,0'<br><br>36°12,5' | +1 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup><br>-1,6'<br>17,8<br>+15°<br>1006,1  |
| 595      | 22.11.      | 14 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup><br><br>17 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> | 51°27,3'S<br>164°18,4'W<br><br>50°49,8'S<br>165°29,6'W | Lower<br>Limb       | 01 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup><br><br>04 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 06 <sup>s</sup> | 46°29,5'<br><br>19°28,0' | -4 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup><br>+3,2'<br>10,0<br>+18°<br>1016,1  |
| 596      | 07.02.      | 09 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup><br><br>14 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> | 31°02,5'S<br>14°51,6'E<br><br>30°33,4'S<br>14°18,3'E   | Upper<br>Limb       | 08 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup><br><br>01 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup> | 52°11,5'<br><br>60°30,0' | -2 <sup>m</sup> 01 <sup>s</sup><br>+0,8'<br>18,0<br>+25°<br>1015,7  |
| 597      | 15.03.      | 07 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup><br><br>11 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> | 53°32,5'N<br>17°28,2'E<br><br>52°43,1'N<br>16°11,3'E   | Lower<br>Limb       | 06 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 04 <sup>s</sup><br><br>10 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> | 13°03,0'<br><br>33°50,0' | -7 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup><br>+2,6'<br>19,5<br>+11°<br>1010,1  |
| 598      | 22.11.      | 14 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup><br><br>17 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> | 49°30,0'S<br>89°27,5'W<br><br>48°41,9'S<br>90°40,9'W   | Upper<br>Limb       | 08 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup><br><br>11 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup> | 49°10,5'<br><br>15°55,0' | +1 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup><br>+1,2'<br>14,1<br>+14°<br>1013,8  |

| <b>№</b> | <b>Date</b> | <b>OT</b>                                                              | <b>Lat<br/>Long</b>                                    | <b>Limb<br/>Sun</b> | <b>CT</b>                                                                                              | <b>Hs</b>                | <b>CE<br/>i+s<br/>e, m<br/>t° C<br/>B, mb</b>                       |
|----------|-------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 599      | 07.02.      | 10 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup><br><br>13 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> | 54°40,5'S<br>64°31,3'E<br><br>55°02,5'S<br>65°24,8'E   | Lower<br>Limb       | 06 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup><br><br>09 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> | 47°31,5'<br><br>47°30,0' | +4 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup><br>-1,8'<br>14,2<br>+15°<br>1016,1  |
| 600      | 02.09.      | 10 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup><br><br>13 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> | 29°47,0'S<br>59°24,5'E<br><br>29°58,2'S<br>58°18,0'E   | Upper<br>Limb       | 06 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup><br><br>09 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup> | 47°24,0'<br><br>46°34,5' | +2 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup><br>-3,1'<br>16,7<br>+23°<br>1004,5  |
| 601      | 01.09.      | 14 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup><br><br>17 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> | 60°22,4'N<br>57°17,5'W<br><br>60°46,8'N<br>55°55,7'W   | Lower<br>Limb       | 06 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup><br><br>10 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> | 31°26,5'<br><br>8°04,0'  | -30 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup><br>-3,1'<br>12,7<br>+14°<br>1007,2 |
| 602      | 15.03.      | 08 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup><br><br>11 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> | 35°20,5'S<br>58°37,0'E<br><br>35°20,5'S<br>57°30,0'E   | Upper<br>Limb       | 04 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 04 <sup>s</sup><br><br>07 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> | 29°46,5'<br><br>55°56,0' | +2 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup><br>-0,6'<br>5,4<br>+12°<br>1011,9   |
| 603      | 15.03.      | 08 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup><br><br>11 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> | 55°24,5'N<br>145°50,0'E<br><br>54°47,9'N<br>146°36,2'E | Lower<br>Limb       | 10 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup><br><br>01 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup> | 13°32,5'<br><br>30°48,0' | +1 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup><br>-1,6'<br>17,8<br>+13°<br>1004,1  |
| 604      | 07.02.      | 13 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup><br><br>15 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> | 53°00,1'S<br>64°55,2'W<br><br>53°04,6'S<br>65°48,7'W   | Upper<br>Limb       | 05 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup><br><br>07 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> | 51°55,5'<br><br>37°15,5' | -2 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup><br>+3,2'<br>11,5<br>+16°<br>998,7   |
| 605      | 07.02.      | 09 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup><br><br>12 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> | 33°02,5'S<br>14°51,6'E<br><br>32°33,4'S<br>14°18,3'E   | Lower<br>Limb       | 08 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup><br><br>11 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup> | 51°10,5'<br><br>72°25,0' | -2 <sup>m</sup> 01 <sup>s</sup><br>+0,8'<br>18,0<br>+12°<br>1008,1  |

| <b>№</b> | <b>Date</b> | <b>OT</b>                                                              | <b>Lat<br/>Long</b>                                    | <b>Limb<br/>Sun</b> | <b>CT</b>                                                                                              | <b>Hs</b>                | <b>CE<br/>i+s<br/>e, m<br/>t° C<br/>B, mb</b>                       |
|----------|-------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 606      | 22.11.      | 10 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup><br><br>13 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> | 61°15,5'S<br>72°38,4'W<br><br>60°42,5'S<br>71°17,3'W   | Upper<br>Limb       | 03 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup><br><br>06 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup> | 46°38,0'<br><br>46°18,5' | +1 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup><br>+1,2'<br>14,1<br>+7°<br>1005,8   |
| 607      | 22.11.      | 14 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup><br><br>17 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> | 47°30,0'S<br>89°17,5'W<br><br>46°41,9'S<br>90°30,9'W   | Lower<br>Limb       | 08 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup><br><br>11 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup> | 49°40,5'<br><br>14°42,0' | +1 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup><br>+1,2'<br>14,1<br>+6°<br>1000,1   |
| 608      | 02.09.      | 11 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup><br><br>13 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> | 29°45,1'N<br>121°04,8'W<br><br>29°26,8'N<br>120°35,3'W | Upper<br>Limb       | 07 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup><br><br>10 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> | 67°41,0'<br><br>46°10,5' | +4 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup><br>-2,7'<br>20,0<br>+5°<br>1015,2   |
| 609      | 02.09.      | 10 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup><br><br>13 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> | 25°27,0'S<br>58°34,5'E<br><br>25°38,2'S<br>57°28,0'E   | Lower<br>Limb       | 06 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup><br><br>09 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup> | 50°00,0'<br><br>50°00,0' | +2 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup><br>-3,1'<br>16,7<br>+17°<br>1017,1  |
| 610      | 15.03.      | 08 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup><br><br>12 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> | 39°47,5'S<br>165°32,7'E<br><br>39°10,3'S<br>165°49,2'E | Upper<br>Limb       | 09 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 08 <sup>s</sup><br><br>01 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup> | 29°40,5'<br><br>53°29,0' | -6 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup><br>+3,5'<br>19,5<br>+15°<br>1020,5  |
| 611      | 14.03.      | 13 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup><br><br>16 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> | 61°22,4'N<br>59°17,5'W<br><br>60°46,8'N<br>57°55,7'W   | Lower<br>Limb       | 05 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup><br><br>09 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> | 24°56,0'<br><br>8°12,5'  | -30 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup><br>-3,1'<br>12,7<br>+11°<br>1013,1 |
| 612      | 07.02.      | 10 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup><br><br>13 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> | 56°40,5'S<br>62°31,3'E<br><br>57°02,5'S<br>63°24,8'E   | Upper<br>Limb       | 06 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup><br><br>09 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> | 45°52,5'<br><br>46°40,0' | +4 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup><br>-1,8'<br>14,2<br>+18°<br>1000,7  |

| №   | Date   | OT                                                                     | Lat<br>Long                                            | Limb<br>Sun   | CT                                                                                                     | Hs                       | CE<br>i+s<br>e, m<br>t° C<br>B, mb                                  |
|-----|--------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 613 | 02.09. | 08 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup><br><br>11 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> | 50°24,5'N<br>146°50,0'E<br><br>49°47,9'N<br>147°36,2'E | Lower<br>Limb | 10 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup><br><br>01 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup> | 25°53,5'<br><br>46°15,0' | +1 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup><br>-1,6'<br>17,8<br>+16°<br>1020,1  |
| 614 | 01.09. | 14 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup><br><br>17 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> | 63°22,4'N<br>59°17,5'W<br><br>63°46,8'N<br>57°55,7'W   | Upper<br>Limb | 06 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup><br><br>10 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> | 30°24,5'<br><br>9°32,0'  | -30 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup><br>-3,1'<br>12,7<br>+10°<br>1010,5 |
| 615 | 22.11. | 09 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup><br><br>12 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> | 31°02,5'S<br>14°51,6'E<br><br>30°33,4'S<br>14°18,3'E   | Lower<br>Limb | 08 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup><br><br>11 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup> | 59°55,0'<br><br>78°22,5' | -2 <sup>m</sup> 01 <sup>s</sup><br>+0,8'<br>18,0<br>+2°<br>1025,0   |

#### 4. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Провести текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по предыдущей теме.
2. Разобрать порядок определения места судна по “разновременным” наблюдениям высот Солнца.
3. Выдать задания для самостоятельной работы студентов по решению задач по определению места судна по “разновременным” наблюдениям высот Солнца.
4. Выполнить проверку выполнения заданий. Подвести итог по занятию.

#### 5. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Михайлов В.С. Практическая мореходная астрономия. Электронный учебник/ В.С. Михайлов, В.Г. Кудрявцев, В.С. Давыдов. – Киев, 2009. – 293 с.
2. Панасенко А.Н. Практическая мореходная астрономия: Учебное пособие для курсантов морских специальностей – Владивосток, 2011, 94 с.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРОТЫ МЕСТА СУДНА ПО ВЫСОТЕ ПОЛЯРНОЙ ЗВЕЗДЫ

#### 1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Приобретение компетенций согласно таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Формируемые компетенции

| Формируемая компетенция                                               | Владения | Умения                                                   | Знания                  |
|-----------------------------------------------------------------------|----------|----------------------------------------------------------|-------------------------|
| Профессиональные компетенции, устанавливаемые ООП                     |          |                                                          |                         |
| Умеет использовать небесные тела для определения местоположения судна | —        | Определение широты места судна по высоте Полярной звезды | Определение места судна |

Объем: 2 академических часа.

Содержание:

1. Контроль знаний по предыдущей теме в виде устного опроса – 5 мин.
2. Порядок работы с Nautical Almanac и рабочие формулы – 10 мин.
3. Самостоятельная работа студентов – решение задач по определению широты места судна по высоте Полярной звезды – 70 мин.
4. Подведение итогов занятия – 5 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Астрономические пособия, бланки вычислений.
4. Тематические плакаты.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Высота повышенного полюса Мира ( $P_N$ ) численно равна географической широте места наблюдателя:  $h_{PN} = \varphi$ .

Поэтому, если бы в точке повышенного полюса располагалась какая-либо звезда, то ее высота, исправленная необходимыми поправками, представила бы собой обсервованную широту судна.

$$\varphi_0 = H_0 = H_s + (i+s) - DIP - R_0 + \wedge t + \wedge b$$

Но, ни в северном, ни в южном полушарии таких звезд нет. На небесной сфере есть звезда, которая располагается в нашу эпоху вблизи северного полюса Мира ( $P_N$ ). Эта звезда –  $\alpha$  Малой Медведицы – Полярная звезда.

Склонение этой звезды  $\delta^* \approx 89^\circ$ , т.е. она отстоит от северного полюса Мира (от т.  $P_N$ ) на величину полярного расстояния  $\Delta \approx 1^\circ$ , и в своем суточном движении описывает вокруг т.  $P_N$  малый круг (суточную параллель), сферический радиус которого:  $R = \Delta \approx 1^\circ (\sim 44')$  (рис. 6.1).

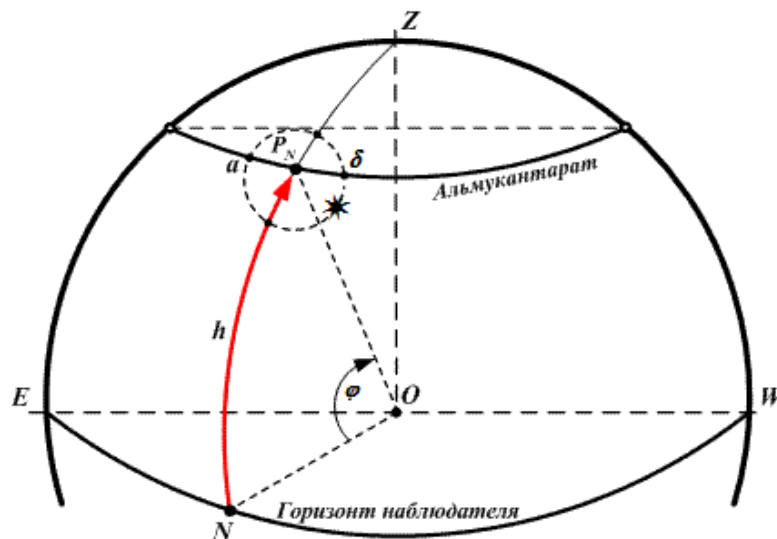


Рисунок 6.1 – Видимое суточное движение Полярной звезды

Два раза в сутки, когда альмукантарат Полярной звезды совпадает с альмукантаратом северного полюса Мира (тт.  $a$  и  $b$ , рис. 6.1), истинная высота этой звезды численно равна широте места наблюдателя, т.е.  $\varphi_0 = h^*$ .

В моменты верхней и нижней кульминации ее высота отличается от широты наблюдателя на величину  $\Delta^*$ .

Во всех случаях  $\varphi_0 = h^* \pm X$ ,

где  $X$  – поправка к высоте Полярной звезды, представляющая собой разность между высотой звезды в какой-либо момент и высотой повышенного полюса.

Значение  $X$  зависит от положения звезды на ее параллели и является переменной величиной. На практике величина  $X$  рассчитывается, как сумма 3-х поправок минус  $1^\circ$ :

$$X = a_0 + a_1 + a_2 - 1^\circ$$

Значения поправок выбирают из НА, по таблице «POLARIS»:

$a_0$  – первая поправка выбирается по значению  $LHA^{Aries}$ ;

$a_1$  – вторая поправка выбирается по значению  $LHA^{Aries}$  и высоте  $H_0$  (в приближении принята за широту  $Lat$ );

$a_2$  – третья поправка выбирается по значению  $LHA^{Aries}$  и дате.

Все поправки положительные.

Зная значение всех 3-х поправок и рассчитав значение истинной высоты Полярной звезды, можно определить значение обсервованной широты места наблюдателя (судна) по формуле:

$$\varphi_0 = H_0 + a_0 + a_1 + a_2 - 1^\circ$$

*Практическое выполнение определения широты по высоте Полярной звезды.*

Определение широты по высоте Полярной звезды возможно при плавании в широтах от  $5$  до  $75^\circ N$ , однако практически звезду удобно наблюдать при высотах не более  $60$ — $70^\circ$ .

Наблюдения приводят в вечерние или утренние сумерки, когда горизонт четко обозначен. Последовательность действий при определении  $\varphi_0$  сводится к следующему.

Подготовка к наблюдениям.

Подготовить секстан к ночным наблюдениям и определить поправку индекса по звезде.

Наблюдения.

1. Измерить серию ( $3 \div 5$ ) высот Полярной.
2. Рассчитать среднее время серии ( $CT$ ) и средний отсчет секстана ( $H_s$ ).
3. Записать судовое время наблюдений  $OT$  (Observation time), счислимую долготу  $\lambda_c$ , температуру воздуха  $t^\circ C$ , атмосферное давление  $B$  мб.

Вычисления.

1. По судовому времени наблюдений  $OT$ , на которое записаны счислимые координаты судна, и номеру часового пояса  $N_E$  определяют дату на гринвичском меридиане и приближенное гринвичское время первых измерений

$$GMT = OT \pm N_E^W$$

Рассчитывают точные значения гринвичского времени наблюдений по хронометру

$$GMT = CT + CE$$

2. С помощью NA рассчитывается местный часовой угол т. Овна  $LHA^{Aries}$ .

3. Исправляется высота Полярной  $H_s$  и рассчитывается обсервованная высота  $H_o$ .

4. Выбираются значения поправок из NA, по таблице «POLARIS» и рассчитывается обсервованная широта  $\varphi_0 = H_o + a_0 + a_1 + a_2 - 1^\circ$

*Пример:*

6.03.2002 г. OT=18<sup>h</sup>35<sup>m</sup>,  $\lambda_c = 38^\circ 40,5' W$ . Измерили высоту Полярной звезды:  $H_s = 42^\circ 26,3'$ , CT= 09<sup>h</sup>37<sup>m</sup>43<sup>s</sup>, CE= -2<sup>m</sup>17<sup>s</sup>,  $i+s = -0,8'$ ;  $e = 14,6m$ .

Определить обсервованную широту.

|                                                                                   |                                                 |         |                                                                                                                |                 |                       |        |         |          |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------|--------|---------|----------|---------|
|  | Polaris                                         |         |                                                                                                                |                 | I line                |        |         |          |         |
|                                                                                   | I line                                          | II line | $\sin(Hc) = \sin(Lat) \times \sin(Dec) + \cos(Lat) \times \cos(Dec) \times \cos(LHA)$                          |                 |                       |        |         |          |         |
| <b>OT</b>                                                                         | 18 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>                 |         |                                                                                                                |                 |                       |        |         |          |         |
| $N \pm \frac{E-}{W+}$                                                             | 3 W                                             |         | <b>Hc</b> =                                                                                                    |                 |                       |        |         |          |         |
| <b>GMT</b>                                                                        | 21 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>                 |         | $\text{ctg}(Zn) = \text{tg}(Dec) \times \cos(Lat) \times \text{cosec}(LHA) - \sin(Lat) \times \text{ctg}(LHA)$ |                 |                       |        |         |          |         |
| <b>Date</b>                                                                       | 06.03.                                          |         |                                                                                                                |                 |                       |        |         |          |         |
| <b>CT</b>                                                                         | 09 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> |         | <b>Z</b> =                                                                                                     |                 |                       |        |         |          |         |
| <b>CE</b>                                                                         | -2 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup>                 |         |                                                                                                                |                 | II line               |        |         |          |         |
| <b>GMT</b>                                                                        | 21 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> |         | $\sin(Hc) = \sin(Lat) \times \sin(Dec) + \cos(Lat) \times \cos(Dec) \times \cos(LHA)$                          |                 |                       |        |         |          |         |
| <b>GHA tab</b>                                                                    | 119°24,9'                                       |         |                                                                                                                |                 |                       |        |         |          |         |
| <b>Incr</b>                                                                       | 8°53,0'                                         |         | <b>Hc</b> =                                                                                                    |                 |                       |        |         |          |         |
| <b>v-corr</b>                                                                     | —                                               |         | $\text{ctg}(Zn) = \text{tg}(Dec) \times \cos(Lat) \times \text{cosec}(LHA) - \sin(Lat) \times \text{ctg}(LHA)$ |                 |                       |        |         |          |         |
| <b>GHA</b>                                                                        | 128°17,9'                                       |         |                                                                                                                |                 |                       |        |         |          |         |
| $Long \frac{E+}{W-}$                                                              | 38°40,5'                                        |         | <b>Z</b> =                                                                                                     |                 |                       |        |         |          |         |
| <b>LHA <sup>Aries</sup></b>                                                       | 89°37,4'                                        |         |                                                                                                                |                 | III line              |        |         |          |         |
| <b>SHA</b>                                                                        | —                                               |         | $\sin(Hc) = \sin(Lat) \times \sin(Dec) + \cos(Lat) \times \cos(Dec) \times \cos(LHA)$                          |                 |                       |        |         |          |         |
| <b>LHA <sub>W</sub></b>                                                           | —                                               |         |                                                                                                                |                 |                       |        |         |          |         |
| <b>LHA <sub>E</sub></b>                                                           | —                                               |         | <b>Hc</b> =                                                                                                    |                 |                       |        |         |          |         |
| <b>v / d</b>                                                                      | —                                               |         | $\text{ctg}(Zn) = \text{tg}(Dec) \times \cos(Lat) \times \text{cosec}(LHA) - \sin(Lat) \times \text{ctg}(LHA)$ |                 |                       |        |         |          |         |
| <b>Dec tab</b>                                                                    | —                                               |         |                                                                                                                |                 |                       |        |         |          |         |
| <b>d-corr</b>                                                                     | —                                               |         | <b>Z</b> =                                                                                                     |                 |                       |        |         |          |         |
| <b>Dec</b>                                                                        | —                                               |         |                                                                                                                |                 | III line              |        |         |          |         |
| <b>Hs</b>                                                                         | 42°26,3'                                        |         | $\sin(Hc) = \sin(Lat) \times \sin(Dec) + \cos(Lat) \times \cos(Dec) \times \cos(LHA)$                          |                 |                       |        |         |          |         |
| <b>i + s</b>                                                                      | -0,8'                                           |         |                                                                                                                |                 |                       |        |         |          |         |
| <b>DIP</b>                                                                        | -6,7'                                           |         | <b>Hc</b> =                                                                                                    |                 |                       |        |         |          |         |
| <b>Ha</b>                                                                         | 42°18,8'                                        |         | $\text{ctg}(Zn) = \text{tg}(Dec) \times \cos(Lat) \times \text{cosec}(LHA) - \sin(Lat) \times \text{ctg}(LHA)$ |                 |                       |        |         |          |         |
| <b>Correction</b>                                                                 | <b>M corr</b>                                   | -1,1'   |                                                                                                                |                 |                       |        |         |          |         |
|                                                                                   | <b>^t,b</b>                                     | 0,0'    | <b>Z</b> =                                                                                                     |                 |                       |        |         |          |         |
|                                                                                   |                                                 |         | Polaris                                                                                                        |                 |                       | I line | II line | III line | IV line |
|                                                                                   |                                                 |         | <b>Ho</b>                                                                                                      | 42°17,7'        | <b>Zn</b>             |        |         |          |         |
| <b>Δh<sub>z</sub></b>                                                             | —                                               |         | <b>a<sub>0</sub></b>                                                                                           | 0°31,7'         | <b>Course</b>         |        |         |          |         |
| <b>Ho'</b>                                                                        | 42°17,7'                                        |         | <b>a<sub>1</sub></b>                                                                                           | 0,5'            | <b>Zn-Cour</b>        |        |         |          |         |
| <b>Hc</b>                                                                         | —                                               |         | <b>a<sub>2</sub></b>                                                                                           | 0,9'            | <b>V</b>              |        |         |          |         |
| <b>intercept</b>                                                                  | —                                               |         | <b>-1°</b>                                                                                                     | <b>-1°</b>      | <b>ΔT<sup>m</sup></b> |        |         |          |         |
| <b>Zn</b>                                                                         | —                                               |         | <b>Lat<sub>0</sub></b>                                                                                         | <b>41°50,8'</b> | <b>Δh<sub>z</sub></b> |        |         |          |         |

В частном случае определения места судна по «одновременным» наблюдениям светил, одним из которых является Полярная звезда, наблюдения и их обработка остаются такими же, как в методе определения места судна по «одновременным» наблюдениям нескольких светил. Отличительной особенностью является то, что для Полярной звезды рассчитывается обсервованная широта  $\varphi_o$ .

Объем вычислений для получения обсервованной широты ( $\varphi_o$ ) по высоте Полярной звезды много меньше, чем при расчете элементов ВЛП ( $Z_n, p$ ) для любого другого светила. Именно поэтому параллель  $\varphi_o$  выгодно использовать как одну из ВЛП при определении места судна астрономическим способом.

На путевой МНК или на астрономическом бланке параллель ( $\varphi_o$ ) прокладывается перпендикулярно меридиану по значению  $\Delta\varphi = \varphi_o - \varphi_c$  (рис. 6.2).

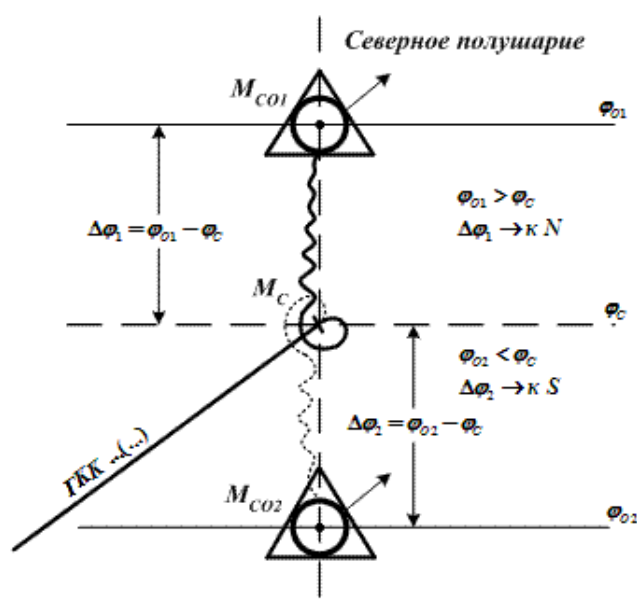


Рисунок 6.2 – Нанесение параллели  $\varphi_o$  на бланке или МНК

*Пример:*

21.12.2002 в судовое время  $OT = 18^h13^m$ , судно находилось в точке с координатами  $\varphi_c = 31^\circ54,2'N$ ;  $\lambda_c = 140^\circ57,3'W$  и следовало курсом  $142^\circ$  со скоростью 19уз. Наблюдали светила:

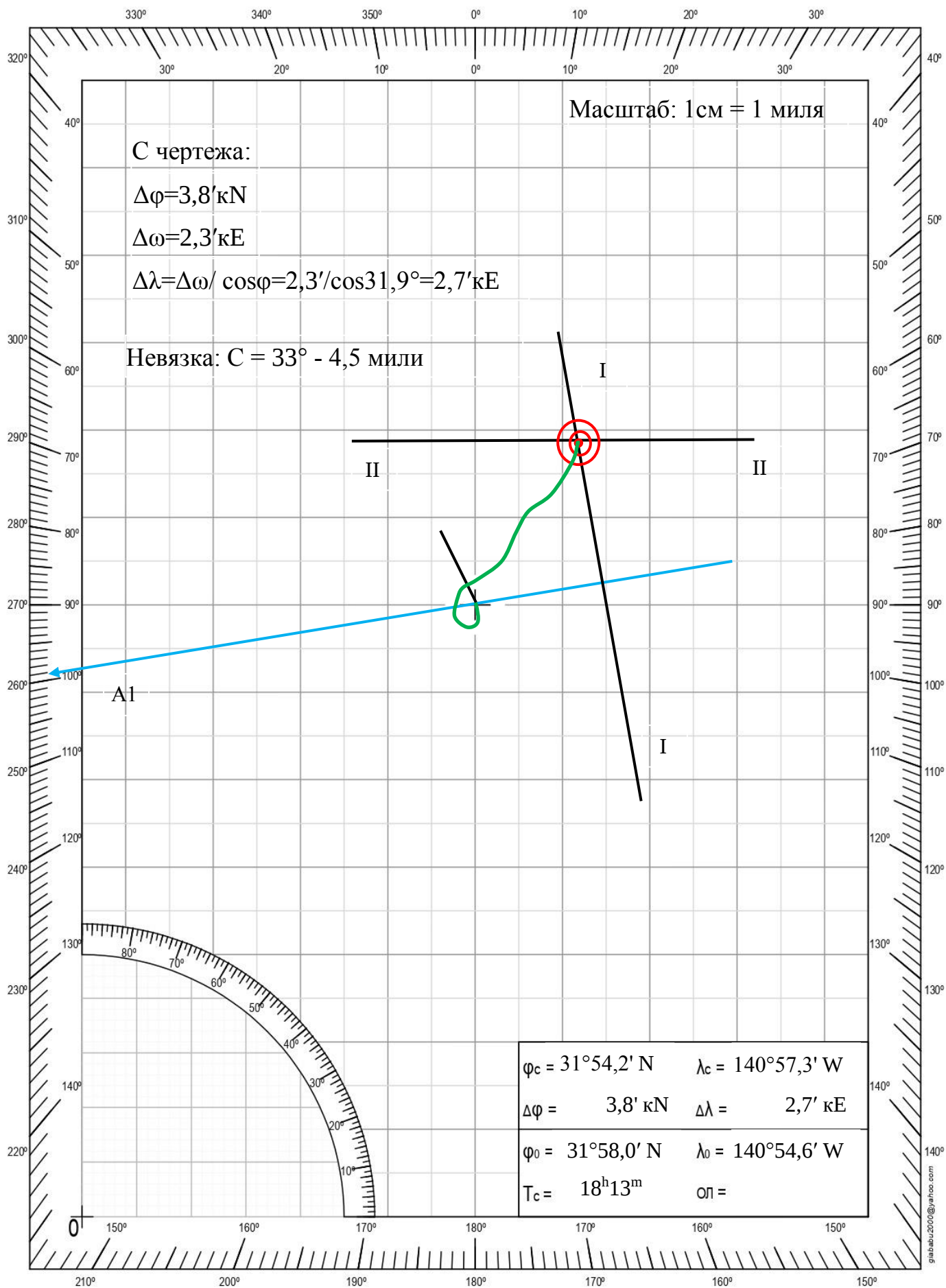
| Наименование | СТ             | Hs              |
|--------------|----------------|-----------------|
| Altair       | $03^h05^m26^s$ | $30^\circ56,1'$ |
| Polaris      | $03^h09^m31^s$ | $32^\circ41,3'$ |

Другие данные:

Высота глаза наблюдателя  $e = 12,0m$ ; поправка хронометра  $CE = +3^m46^s$ , поправка секстана  $i+s = -3,3'$

Определить место судна по наблюдениям 2-х светил, одним из которых является Полярная звезда.

|  | Altair                                          | Polaris                                         | I line                                                                                                         |          |                       |                  |                  |          |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------|------------------|------------------|----------|---------|
|                                                                                   | I line                                          | II line                                         | $\sin(Hc) = \sin(Lat) \times \sin(Dec) + \cos(Lat) \times \cos(Dec) \times \cos(LHA)$                          |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>OT</b>                                                                         | 18 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>                 |                                                 | 0,51193 = 0,52849 × 0,15428 + 0,84894 × 0,98803 × 0,51312                                                      |          |                       |                  |                  |          |         |
| $N_2 \frac{E-}{W+}$                                                               | 9 W                                             |                                                 | <b>Hc</b> = 30°47,5'                                                                                           |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>GMT</b>                                                                        | 03 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>                 |                                                 | $\text{ctg}(Zn) = \text{tg}(Dec) \times \cos(Lat) \times \text{cosec}(LHA) - \sin(Lat) \times \text{ctg}(LHA)$ |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>Date</b>                                                                       | 22.12.                                          |                                                 | -0,16150 = 0,15615 × 0,84894 × 1,16507 - 0,52849 × 0,59782                                                     |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>CT</b>                                                                         | 03 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> | 03 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup> | <b>Z</b> = -80°49,6' (+180°) = N99°10,4'W                                                                      |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>CE</b>                                                                         | +3 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup>                 | +3 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup>                 | II line                                                                                                        |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>GMT</b>                                                                        | 03 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> | 03 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> | $\sin(Hc) = \sin(Lat) \times \sin(Dec) + \cos(Lat) \times \cos(Dec) \times \cos(LHA)$                          |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>GHA tab</b>                                                                    | 135°30,0'                                       | 135°30,0'                                       |                                                                                                                |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>Incr</b>                                                                       | 2°18,4'                                         | 3°19,8'                                         | <b>Hc</b> =                                                                                                    |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>v-corr</b>                                                                     | —                                               | —                                               | $\text{ctg}(Zn) = \text{tg}(Dec) \times \cos(Lat) \times \text{cosec}(LHA) - \sin(Lat) \times \text{ctg}(LHA)$ |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>GHA</b>                                                                        | 137°48,4'                                       | 138°49,8'                                       |                                                                                                                |          |                       |                  |                  |          |         |
| $Long \frac{E+}{W-}$                                                              | 140°57,3'                                       | 140°57,3'                                       | <b>Z</b> =                                                                                                     |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>LHA <sup>Aries</sup></b>                                                       | 356°51,1'                                       | 357°52,5'                                       | III line                                                                                                       |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>SHA</b>                                                                        | 62°16,6'                                        | —                                               | $\sin(Hc) = \sin(Lat) \times \sin(Dec) + \cos(Lat) \times \cos(Dec) \times \cos(LHA)$                          |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>LHA <sub>W</sub></b>                                                           | 59°07,7'                                        | —                                               |                                                                                                                |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>LHA <sub>E</sub></b>                                                           |                                                 | —                                               | <b>Hc</b> =                                                                                                    |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>v / d</b>                                                                      | —                                               | —                                               | $\text{ctg}(Zn) = \text{tg}(Dec) \times \cos(Lat) \times \text{cosec}(LHA) - \sin(Lat) \times \text{ctg}(LHA)$ |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>Dec tab</b>                                                                    | —                                               | —                                               |                                                                                                                |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>d-corr</b>                                                                     | —                                               | —                                               | <b>Z</b> =                                                                                                     |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>Dec</b>                                                                        | 8°52,5' N                                       | —                                               | III line                                                                                                       |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>Hs</b>                                                                         | 30°56,1'                                        | 32°41,3'                                        | $\sin(Hc) = \sin(Lat) \times \sin(Dec) + \cos(Lat) \times \cos(Dec) \times \cos(LHA)$                          |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>i + s</b>                                                                      | -3,3'                                           | -3,3'                                           |                                                                                                                |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>DIP</b>                                                                        | -6,1'                                           | -6,1'                                           | <b>Hc</b> =                                                                                                    |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>Ha</b>                                                                         | 30°46,7'                                        | 32°31,9'                                        | $\text{ctg}(Zn) = \text{tg}(Dec) \times \cos(Lat) \times \text{cosec}(LHA) - \sin(Lat) \times \text{ctg}(LHA)$ |          |                       |                  |                  |          |         |
| <b>Correction</b>                                                                 | <b>M corr</b>                                   | -1,6'                                           |                                                                                                                |          |                       |                  |                  |          |         |
|                                                                                   | <b>^t,b</b>                                     |                                                 | <b>Z</b> =                                                                                                     |          |                       |                  |                  |          |         |
|                                                                                   |                                                 |                                                 | Polaris                                                                                                        |          |                       | I line           | II line          | III line | IV line |
|                                                                                   |                                                 |                                                 | <b>Ho</b>                                                                                                      | 32°30,5' | <b>Zn</b>             | 260,8°           | 0,0°             |          |         |
| <b>Δh<sub>z</sub></b>                                                             | -0,6'                                           | +0,1'                                           | <b>a<sub>0</sub></b>                                                                                           | 0°26,0'  | <b>Course</b>         | 142°             | 142°             |          |         |
| <b>Ho'</b>                                                                        | 30°44,5'                                        | 32°30,5'                                        | <b>a<sub>1</sub></b>                                                                                           | 0,5'     | <b>Zn-Cour</b>        | 118,8°           | 218,0°           |          |         |
| <b>Hc</b>                                                                         | 30°47,5'                                        | φ <sub>0</sub> =31°58,0'                        | <b>a<sub>2</sub></b>                                                                                           | 1,0'     | <b>V</b>              | 19               | 19               |          |         |
| <b>intercept</b>                                                                  | -3,0'                                           | φ <sub>c</sub> =31°54,2'                        | <b>-1°</b>                                                                                                     | -1°      | <b>ΔT<sup>m</sup></b> | 3,8 <sup>m</sup> | 0,3 <sup>m</sup> |          |         |
| <b>Zn</b>                                                                         | 260,8°                                          | Δφ = +3,8'                                      | <b>Lat<sub>0</sub></b>                                                                                         | 31°58,0' | <b>Δh<sub>z</sub></b> | -0,6'            | -0,1'            |          |         |



### 3. ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

В задачах №№ 616 – 645 необходимо:

Определить обсервованную широту места судна по высоте Полярной.

| №   | Date<br>OT                                    | Long       | Hs       | CT                                              | CE                               | <i>i</i> +<br><i>s</i><br>e, m |
|-----|-----------------------------------------------|------------|----------|-------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 616 | 06.02.2002<br>17 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> | 11°08,4'E  | 37°16,2' | 04 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup> | +13 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup> | +1,2'<br>7,6                   |
| 617 | 07.02.<br>17 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup>     | 44°12,7'E  | 43°51,8' | 02 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> | -30 <sup>m</sup> 08 <sup>s</sup> | -0,8'<br>12,0                  |
| 618 | 14.03.<br>18 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>     | 60°48,3'W  | 29°30,0' | 10 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> | -04 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> | -3,0'<br>9,5                   |
| 619 | 08.02.<br>03 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>     | 21°13,1'W  | 50°17,4' | 04 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup> | +08 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> | +4,1'<br>13,8                  |
| 620 | 06.02.<br>19 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>     | 152°28,8'E | 45°32,6' | 09 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup> | -20 <sup>m</sup> 08 <sup>s</sup> | +0,7'<br>6,4                   |
| 621 | 02.09.<br>02 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup>     | 173°46,4'E | 60°51,5' | 02 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> | +18 <sup>m</sup> 06 <sup>s</sup> | +1,2'<br>12,0                  |
| 622 | 01.09.<br>18 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup>     | 140°18,9'W | 38°20,7' | 03 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 04 <sup>s</sup> | -13 <sup>m</sup> 01 <sup>s</sup> | -0,9'<br>9,5                   |
| 623 | 02.09.<br>04 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup>     | 20°56,8'E  | 39°24,4' | 03 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> | -28 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup> | -2,3'<br>7,8                   |
| 624 | 21.11.<br>06 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>     | 29°37,3'E  | 59°04,2' | 05 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup> | -48 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> | -3,3'<br>14,6                  |
| 625 | 07.02.<br>17 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup>     | 165°00,7'W | 48°47,9' | 04 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup> | -13 <sup>m</sup> 01 <sup>s</sup> | +0,6'<br>10,0                  |
| 626 | 15.03.<br>18 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>     | 120°18,0'W | 43°11,5' | 02 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> | +14 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> | +0,1'<br>8,4                   |
| 627 | 07.02.<br>19 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup>     | 85°39,6'W  | 40°08,6' | 01 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> | -12 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> | -2,8'<br>11,5                  |
| 628 | 02.09.<br>03 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup>     | 27°54,4'E  | 55°27,1' | 01 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup> | -20 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> | +1,4'<br>13,7                  |
| 629 | 02.09.<br>19 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>     | 80°02,8'W  | 38°44,7' | 12 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> | -11 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup> | +2,5'<br>8,4                   |
| 630 | 21.11.<br>06 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup>     | 30°46,0'E  | 43°58,0' | 04 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup> | +15 <sup>m</sup> 01 <sup>s</sup> | +0,6'<br>9,0                   |
| 631 | 21.11.<br>16 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup>     | 40°50,2'E  | 40°54,3' | 12 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> | +25 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> | +2,7'<br>15,3                  |
| 632 | 03.09.<br>04 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup>     | 169°13,3'E | 44°32,8' | 05 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> | -09 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> | +1,3'<br>6,7                   |
| 633 | 03.09.<br>19 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup>     | 65°17,1'W  | 42°00,4' | 11 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> | -04 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> | +3,1'<br>6,9                   |

| №   | Date<br>OT                                | Long       | Hs       | CT                                              | CE                               | <i>i</i> + <i>s</i><br>e, m |
|-----|-------------------------------------------|------------|----------|-------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| 634 | 07.02.<br>04 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> | 97°19,6'E  | 40°33,7' | 09 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> | +55 <sup>m</sup> 04 <sup>s</sup> | -0,7'<br>12,1               |
| 635 | 16.03.<br>05 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> | 162°02,5'E | 15°49,3' | 05 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup> | +19 <sup>m</sup> 01 <sup>s</sup> | -0,6'<br>14,8               |
| 636 | 07.02.<br>06 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> | 124°15,8'E | 36°58,2' | 11 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> | -28 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup> | +3,0'<br>7,9                |
| 637 | 22.11.<br>16 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> | 29°46,4'W  | 39°10,6' | 06 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup> | -16 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup> | -0,5'<br>7,5                |
| 638 | 21.11.<br>17 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> | 45°03,5'W  | 28°24,1' | 08 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup> | +08 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> | -1,9'<br>13,8               |
| 639 | 01.09.<br>19 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> | 22°43,6'E  | 60°17,8' | 05 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup> | -15 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> | +2,7'<br>14,1               |
| 640 | 02.09.<br>02 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> | 27°13,5'E  | 57°12,1' | 11 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup> | +52 <sup>m</sup> 03 <sup>s</sup> | -2,0'<br>11,3               |
| 641 | 01.09.<br>19 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> | 168°00,7'W | 40°52,2' | 06 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> | -15 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> | +3,6'<br>9,6                |
| 642 | 08.02.<br>19 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> | 150°26,6'E | 43°08,4' | 09 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> | -09 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> | +0,2'<br>11,8               |
| 643 | 15.03.<br>18 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> | 157°43,4'E | 42°39,9' | 04 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup> | +41 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup> | -0,9'<br>6,4                |
| 644 | 14.03.<br>18 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> | 152°30,5'E | 40°58,2' | 08 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 06 <sup>s</sup> | +13 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> | +1,6'<br>12,6               |
| 645 | 07.02.<br>06 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> | 43°35,0'W  | 32°04,8' | 10 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> | -39 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup> | -1,6'<br>8,8                |

В задачах №№ 646 – 675 необходимо:

Определить место судна по “одновременным” наблюдениям 2-х светил, одним из которых является Полярная.

| №   | Date<br>OT                                    | Lat<br>Long            | Course<br>V, kn | Name                | CT                                                                                                 | Hs                   | CE<br><i>i</i> + <i>s</i><br>e, m                 |
|-----|-----------------------------------------------|------------------------|-----------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------|
| 646 | 03.05.2002<br>18 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> | 36°58,2'N<br>6°54,5'E  | 97°<br>17       | Arcturus<br>Polaris | 06 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup><br>06 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup> | 32°01,9'<br>36°46,2' | +0 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup><br>-2,0'<br>10,4  |
| 647 | 01.10.<br>18 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>     | 11°55,0'N<br>78°10,6'W | 55°<br>19       | Markab<br>Polaris   | 11 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup><br>11 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> | 32°06,4'<br>11°51,7' | +10 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup><br>+1,7'<br>12,3 |
| 648 | 26.06.<br>01 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup>     | 58°15,1'N<br>29°55,0'W | 62°<br>14       | Alphecca<br>Polaris | 03 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup><br>03 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> | 38°55,7'<br>58°05,6' | -2 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup><br>+2,1'<br>10,8  |

| №   | Date<br>OT                                | Lat<br>Long             | Course<br>V, kn | Name                  | CT                                                                                                 | Hs                   | CE<br><i>i</i> +<br><i>s</i><br>e, m              |
|-----|-------------------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------|
| 649 | 02.05.<br>05 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> | 12°38,5'N<br>113°50,2'E | 48°<br>16       | Alpheratz<br>Polaris  | 09 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup><br>09 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 01 <sup>s</sup> | 28°23,3'<br>12°45,3' | -3 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup><br>+0,6'<br>11,2  |
| 650 | 23.12.<br>17 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> | 46°12,5'N<br>147°25,4'E | 112°<br>18      | Aldebaran<br>Polaris  | 07 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup><br>07 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> | 17°02,9'<br>46°46,7' | -3 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup><br>+2,9'<br>11,5  |
| 651 | 23.12.<br>06 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> | 28°10,3'N<br>129°52,5'E | 125°<br>16      | Polaris<br>Procyon    | 09 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup><br>09 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup> | 27°49,8'<br>19°10,7' | +0 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup><br>-1,5'<br>14,0  |
| 652 | 25.06.<br>04 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> | 33°44,8'N<br>29°46,0'E  | 138°<br>15      | Menkar<br>Polaris     | 02 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup><br>02 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup> | 19°35,3'<br>34°06,0' | -4 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup><br>+1,9'<br>9,4   |
| 653 | 21.12.<br>06 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> | 32°48,0'N<br>41°32,4'W  | 73°<br>18       | Polaris<br>Pollux     | 09 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup><br>09 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> | 32°20,2'<br>30°34,1' | -13 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup><br>+2,2'<br>13,6 |
| 654 | 01.05.<br>19 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> | 43°58,0'N<br>136°15,0'W | 162°<br>21      | Polaris<br>Betelgeuse | 04 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup><br>04 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup> | 43°40,7'<br>21°38,6' | -0 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup><br>+3,7'<br>13,7  |
| 655 | 02.10.<br>05 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> | 57°10,5'N<br>174°28,1'E | 220°<br>14      | Polaris<br>Regulus    | 05 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup><br>05 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup> | 57°45,5'<br>25°40,1' | +3 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup><br>-2,3'<br>12,0  |
| 656 | 03.10.<br>18 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> | 12°22,5'N<br>46°25,3'E  | 86°<br>20       | Antares<br>Polaris    | 03 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup><br>03 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup> | 36°11,4'<br>12°05,1' | +5 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup><br>+2,5'<br>8,0   |
| 657 | 02.05.<br>04 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> | 26°04,8'N<br>148°42,6'E | 81°<br>20       | Polaris<br>Arcturus   | 06 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup><br>06 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup> | 26°01,9'<br>20°59,1' | -0 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup><br>+2,7'<br>10,8  |
| 658 | 24.06.<br>01 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> | 56°42,3'N<br>17°32,6'E  | 102°<br>17      | Polaris<br>Alpheratz  | 00 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup><br>00 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> | 56°42,5'<br>39°49,4' | +2 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup><br>-3,8'<br>11,7  |
| 659 | 23.12.<br>06 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> | 18°29,0'N<br>39°38,2'E  | 325°<br>17      | Polaris<br>Alphecca   | 03 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup><br>03 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> | 18°14,1'<br>41°52,4' | +7 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup><br>-3,7'<br>12,1  |
| 660 | 03.05.<br>20 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> | 53°20,4'N<br>43°46,7'W  | 165°<br>15      | Polaris<br>Vega       | 11 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup><br>11 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup> | 53°14,0'<br>18°55,3' | +4 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup><br>-2,8'<br>13,1  |
| 661 | 02.10.<br>18 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> | 31°18,0'N<br>141°27,3'W | 242°<br>14      | Arcturus<br>Polaris   | 03 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup><br>03 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> | 26°21,6'<br>31°06,7' | +3 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup><br>-2,5'<br>14,0  |
| 662 | 02.10.<br>05 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> | 46°27,6'N<br>147°18,5'E | 80°<br>20       | Polaris<br>Regulus    | 07 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup><br>07 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> | 47°05,8'<br>29°42,9' | +5 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup><br>-0,1'<br>10,9  |

| №   | Date<br>OT                                | Lat<br>Long             | Course<br>V, kn | Name                  | CT                                                                                                 | Hs                   | CE<br><i>i+s</i><br>e, m                         |
|-----|-------------------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------|
| 663 | 22.12.<br>06 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> | 38°30,0'N<br>152°14,5'E | 156°<br>16      | Polaris<br>Pollux     | 08 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup><br>08 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> | 38°05,0'<br>30°46,7' | -1 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup><br>+3,0'<br>9,0  |
| 664 | 26.06.<br>03 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> | 47°48,3'N<br>151°28,5'W | 162°<br>21      | Polaris<br>Rasalhague | 01 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup><br>01 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> | 47°31,5'<br>30°07,0' | +1 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup><br>+2,0'<br>11,6 |
| 665 | 25.06.<br>21 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> | 52°48,0'N<br>3°23,5'E   | 199°<br>17      | Altair<br>Polaris     | 09 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup><br>09 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> | 23°47,3'<br>52°12,5' | +6 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup><br>+1,9'<br>12,0 |
| 667 | 24.06.<br>20 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> | 38°52,6'N<br>166°17,3'W | 74°<br>16       | Rasalhague<br>Polaris | 07 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup><br>07 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 03 <sup>s</sup> | 40°07,3'<br>38°13,8' | +3 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup><br>-2,4'<br>12,0 |
| 668 | 01.05.<br>19 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> | 44°36,5'N<br>136°42,5'W | 164°<br>18      | Spica<br>Polaris      | 04 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup><br>04 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup> | 20°04,6'<br>44°26,1' | -2 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup><br>+1,3'<br>10,8 |
| 669 | 24.06.<br>02 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> | 44°12,3'N<br>36°45,4'E  | 247°<br>14      | Polaris<br>Rasalhague | 00 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup><br>00 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup> | 44°27,7'<br>32°51,5' | +0 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup><br>-3,0'<br>12,5 |
| 670 | 03.10.<br>05 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> | 12°07,0'N<br>87°15,3'E  | 26°<br>18       | Polaris<br>Alphard    | 11 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup><br>11 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup> | 12°46,6'<br>36°55,6' | -4 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup><br>+1,2'<br>12,8 |
| 671 | 25.06.<br>03 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> | 37°31,4'N<br>7°03,5'E   | 273°<br>18      | Polaris<br>Alpheratz  | 03 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 01 <sup>s</sup><br>03 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 08 <sup>s</sup> | 37°46,0'<br>61°50,4' | +1 <sup>m</sup> 06 <sup>s</sup><br>+1,5'<br>9,3  |
| 672 | 01.05.<br>19 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> | 43°17,6'N<br>29°48,4'E  | 337°<br>16      | Spica<br>Polaris      | 05 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup><br>05 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup> | 20°55,7'<br>43°12,0' | +1 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup><br>-2,3'<br>10,8 |
| 673 | 25.06.<br>20 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> | 43°51,0'N<br>31°45,2'E  | 198°<br>14      | Denebola<br>Polaris   | 06 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup><br>06 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> | 43°24,8'<br>43°16,1' | -5 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup><br>+1,6'<br>11,2 |
| 674 | 01.10.<br>18 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> | 42°15,6'N<br>176°43,5'W | 36°<br>14       | Markab<br>Polaris     | 06 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 01 <sup>s</sup><br>06 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup> | 33°15,1'<br>42°10,5' | -5 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup><br>+2,5'<br>7,0  |
| 675 | 02.10.<br>05 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> | 45°07,0'N<br>62°10,3'W  | 123°<br>16      | Polaris<br>Menkar     | 09 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup><br>09 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> | 45°35,7'<br>34°40,1' | -1 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup><br>+2,8'<br>10,8 |

#### 4. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Провести текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по предыдущей теме.
2. Разобрать порядок определения широты места судна по высоте Полярной звезды.
3. Выдать задания для самостоятельной работы студентов по решению задач по определению широты места судна по высоте Полярной звезды, места судна по “одновременным” наблюдениям 2-х светил, одним из которых является Полярная.
4. Выполнить проверку выполнения заданий. Подвести итог по занятию.

#### 5. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Михайлов В.С. Практическая мореходная астрономия. Электронный учебник/ В.С. Михайлов, В.Г. Кудрявцев, В.С. Давыдов. – Киев, 2009. – 293 с.
2. Панасенко А.Н. Практическая мореходная астрономия: Учебное пособие для курсантов морских специальностей – Владивосток, 2011, 94 с.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРОТЫ МЕСТА СУДНА ПО МЕРИДИОНАЛЬНОЙ ВЫСОТЕ СОЛНЦА

#### 1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Приобретение компетенций согласно таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Формируемые компетенции

| Формируемая компетенция                                               | Владения | Умения                                                         | Знания                  |
|-----------------------------------------------------------------------|----------|----------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Профессиональные компетенции, устанавливаемые ООП                     |          |                                                                |                         |
| Умеет использовать небесные тела для определения местоположения судна | —        | Определение широты места судна по меридиональной высоте Солнца | Определение места судна |

Объем: 2 академических часа.

Содержание:

1. Контроль знаний по предыдущей теме в виде устного опроса – 5 мин.
2. Порядок работы с Nautical Almanac и рабочие формулы – 10 мин
3. Самостоятельная работа студентов – решение задач по определению широты места судна по меридиональной высоте Солнца – 70 мин.
4. Подведение итогов занятия – 5 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Астрономические пособия, бланки вычислений.
4. Тематические плакаты.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

В процессе видимого суточного движения светило дважды пересекает плоскость меридиана наблюдателя. Высота светила будет наибольшей в момент верхней кульминации и наименьшей в момент нижней кульминации.

Если наблюдалась меридиональная (наибольшая) высота светила  $H^*$  в момент верхней кульминации, то наблюдаемая широта места наблюдателя (судна) рассчитывается по формуле (рис. 7.1):

$$\varphi_0 = (90^\circ - H^*) \pm \delta^*$$

где  $H^*$  – меридиональная (наибольшая) высота светила;

$\delta^*$  – склонение светила ( $+\delta^*$  – при одноименных  $\varphi$  и  $\delta$ ;  $-\delta^*$  – при разноименных  $\varphi$  и  $\delta$ ).

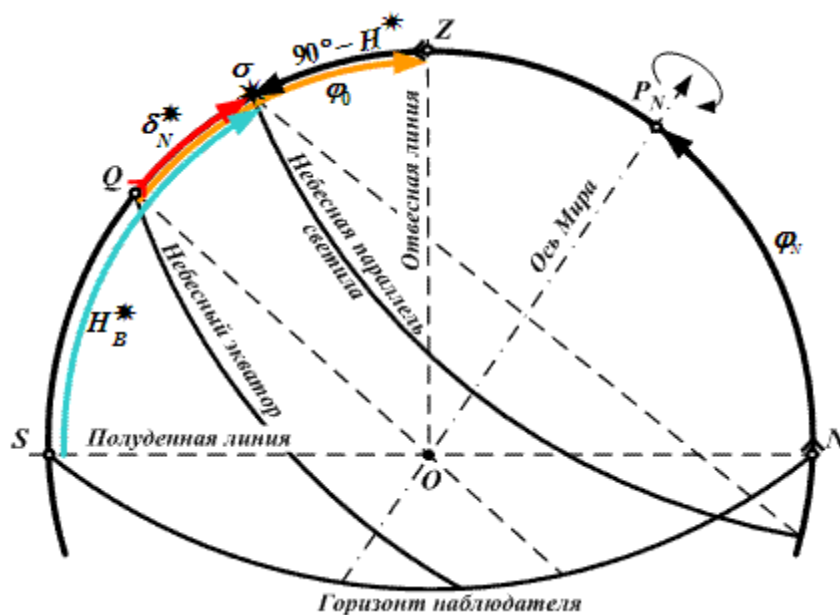


Рисунок 7.1 – Связь координат в момент верхней кульминации светила

Таким образом, для верхней кульминации задача сводится к исправлению измеренной меридиональной высоты (Meridian altitude) Солнца, расчету зенитного расстояния  $Z = 90^\circ - H$ , выборке склонения Солнца из НА и их алгебраическому сложению. Алгебраическое сложение означает сложение при одноименных  $Z$  и  $\delta$  и вычитанию из большего меньшего при разноименных  $Z$  и  $\delta$ , причем широте приписывается наименование большего.

Следует напомнить, что высота  $h$  наименование не имеет. Но если светило находится на меридиане наблюдателя, то меридиональная высота  $H$  одноименно с точкой ( $N$  или  $S$ ), над которой измеряется высота. В этом же случае зенитное расстояние  $Z = 90 - H$  разноименно с  $H$ .

На практике применяется способ определения (уточнения) широты места судна по меридиональной высоте Солнца.

*К достоинствам метода следует отнести:*

- простое и быстрое решение;
- при решении не нужно точно знать гринвичское время GMT;
- точность расчётов не зависит от точности счислимой долготы.

*Недостатками метода являются:*

- возможность только одного измерения, что увеличивает вероятность промаха и нельзя уменьшить влияние случайных ошибок;
- из-за движения судна и постоянного изменения склонения Солнца, измеренная наибольшая высота не является меридиональной. Что бы этого избежать, нужно измерять высоту первым способом, или исправлять наибольшую высоту специальной поправкой.

Порядок расчётов для верхней кульминации Солнца:

1. Рассчитываем по NA приближённое гринвичское время верхней кульминации Солнца GMT;
2. По значению GMT из NA определяем величину склонения Солнца  $\delta$ ;
3. Исправляем измеренную меридиональную высоту Солнца  $H$ ;
4. По формуле  $Z=90 - H$  рассчитываем меридиональное зенитное расстояние, не забываем, что  $Z$  имеет наименование разноименное с  $H$ .
5. Вычисляем широту места судна на момент наблюдений.

$$\varphi_0 = (90^\circ - H) \pm \delta$$

склонение светила ( $+\delta$  – при одноименных  $\varphi$  и  $\delta$ ;  $-\delta$  – при разноименных  $\varphi$  и  $\delta$ ).

*Пример:*

14.03.2002г. судно находилось в долготе  $\lambda_c=76^\circ 04' W$ , измерена меридиональная высота верхнего края Солнца  $H_s=52^\circ 38,4' K$ ,  $i+s=-0,3'$ ;  $e=13,5$ м.

Определить время верхней кульминации Солнца и наблюдаемую широту.

|  | Sun Up Limb                           | Объяснения                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                                                                                   | I line                                |                                                               |
| <b>Mer. Pass.</b>                                                                 | 12 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> 14.03 | Местное время и дата кульминации Солнца из NA                 |
| $\lambda \frac{E-}{W+}$                                                           | +05 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup>      | Долгота, переведенная в часы и минуты                         |
| <b>GMT</b>                                                                        | 17 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 14.03 | Гринвичское время и дата кульминации Солнца                   |
| $N\# \frac{E+}{W-}$                                                               | -5                                    | Номер часового пояса                                          |
| <b>OT</b>                                                                         | 12 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 14.03 | Судовое время и дата кульминации Солнца                       |
|                                                                                   |                                       |                                                               |
| <b>v / d</b>                                                                      | -1,0'                                 |                                                               |
| <b>Dec tab</b>                                                                    | 2°24,6' S                             | Склонение солнца на целый час <i>GMT</i> (17 <sup>h</sup> )   |
| <b>d-corr</b>                                                                     | -0,2'                                 | Поправка на минуты (13 <sup>m</sup> ) по $d=-1,0'$            |
| <b>Dec</b>                                                                        | 2°24,4' S                             | Склонение солнца на <i>GMT</i>                                |
|                                                                                   |                                       |                                                               |
| <b>Hs</b>                                                                         | 52°38,4' кS                           | Отсчет секстана                                               |
| <b>i + s</b>                                                                      | -0,3'                                 | Поправка секстана                                             |
| <b>DIP</b>                                                                        | -6,5'                                 | Поправка за наклонение                                        |
| <b>Ha</b>                                                                         | 52°31,6'                              | Видимая меридиональная высота Солнца                          |
| <b>Correction</b>                                                                 | <b>M corr</b>                         | -16,8'                                                        |
|                                                                                   |                                       |                                                               |
|                                                                                   |                                       |                                                               |
|                                                                                   |                                       |                                                               |
| <b>Ho</b>                                                                         | 52°14,8' S                            | Исправленная меридиональная высота Солнца                     |
| <b>Z</b>                                                                          | 37°45,2' N                            | Зенитное расстояние $Z=90^\circ - H_o$                        |
| <b>Dec</b>                                                                        | 2°24,4' S                             | Склонение Солнца                                              |
| <b>φo</b>                                                                         | 35°20,8' N                            | Обсервованная широта $\varphi_o = Z - \delta$ т.к разноименны |

### 3. ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

В задачах №№ 676 – 705 необходимо:

Определить обсервованную широту места судна по меридиональной высоте Солнца.

| №   | Date       | Long        | Limb  | Hs         | $i+s$ | e, m |
|-----|------------|-------------|-------|------------|-------|------|
| 676 | 01.09.2002 | 33°31,6' E  | Lower | 68°17,8' S | +2,0' | 12,8 |
| 677 | 14.03.     | 105°01,4' E | Lower | 88°05,9' S | -1,1' | 10,5 |
| 678 | 21.11.     | 12°32,8' W  | Lower | 32°42,0' S | -0,9' | 11,3 |
| 679 | 06.02.     | 44°03,7' E  | Upper | 37°44,2' N | +3,2' | 8,2  |
| 680 | 07.02.     | 125°16,5' W | Upper | 43°16,0' S | +0,8' | 6,7  |
| 681 | 02.09.     | 40°43,4' W  | Lower | 48°05,8' S | -2,4' | 10,2 |
| 682 | 03.09.     | 63°18,3' E  | Lower | 48°19,9' N | +0,5' | 15,8 |
| 683 | 08.02.     | 24°43,7' E  | Lower | 69°44,5' S | -0,1' | 13,2 |
| 684 | 14.03.     | 91°00,5' W  | Upper | 67°39,4' S | +0,2' | 9,9  |
| 685 | 06.02.     | 111°07,2' W | Upper | 43°43,2' S | +0,9' | 10,7 |
| 686 | 21.11.     | 38°54,4' E  | Lower | 29°31,8' S | -1,5' | 12,1 |
| 687 | 01.09.     | 5°16,3' W   | Lower | 76°28,1' N | -1,2' | 8,3  |
| 688 | 15.03.     | 77°29,9' W  | Lower | 77°27,0' N | -0,7' | 9,2  |
| 689 | 07.02.     | 80°16,6' W  | Lower | 26°08,6' S | -4,4' | 8,0  |
| 690 | 16.03.     | 89°40,8' E  | Upper | 72°05,4' N | -1,8' | 14,5 |
| 691 | 01.09.     | 24°45,5' E  | Lower | 75°01,0' S | +1,3' | 6,4  |
| 692 | 22.11.     | 114°10,9' E | Upper | 44°46,2' S | +0,2' | 13,5 |
| 693 | 02.09.     | 24°01,1' W  | Lower | 67°02,5' N | -2,4' | 6,8  |
| 694 | 08.02.     | 118°54,8' E | Lower | 42°02,7' S | -2,1' | 6,7  |
| 695 | 14.03.     | 51°28,6' W  | Lower | 74°20,8' N | -0,6' | 10,0 |
| 696 | 02.09.     | 24°33,3' E  | Lower | 58°36,6' S | +1,8' | 12,2 |
| 697 | 15.03.     | 16°13,8' W  | Lower | 42°25,8' S | +1,9' | 14,3 |
| 698 | 03.09.     | 100°20,1' E | Upper | 77°46,7' N | +2,3' | 11,6 |
| 699 | 22.11.     | 8°40,7' W   | Upper | 67°52,0' S | -1,5' | 11,5 |
| 700 | 15.03.     | 38°18,1' E  | Lower | 42°44,0' S | +1,8' | 5,9  |
| 701 | 06.02.     | 14°03,9' E  | Lower | 83°04,1' N | -1,2' | 8,7  |
| 702 | 01.09.     | 152°13,4' E | Lower | 43°02,2' N | -1,0' | 12,2 |
| 703 | 16.03.     | 69°27,7' W  | Lower | 60°14,2' S | +1,4' | 15,0 |
| 704 | 22.11.     | 14°58,4' E  | Lower | 73°40,6' N | +0,3' | 11,6 |
| 705 | 02.11.     | 130°15,3' E | Upper | 47°37,7' S | -0,7' | 12,0 |

#### 4. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Провести текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по предыдущей теме.
2. Разобрать порядок определения широты места судна по меридиональной высоте Солнца.
3. Выдать задания для самостоятельной работы студентов по решению задач по определению широты места судна по меридиональной высоте Солнца.
4. Выполнить проверку выполнения заданий. Подвести итог по занятию.

#### 5. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАНЯТИЮ

1. Михайлов В.С. Практическая мореходная астрономия. Электронный учебник/ В.С. Михайлов, В.Г. Кудрявцев, В.С. Давыдов. – Киев, 2009. - 293 с.
2. Панасенко А.Н. Практическая мореходная астрономия: Учебное пособие для курсантов морских специальностей. – Владивосток, 2011. - 94 с.

*В авторской редакции*