

**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

Методические указания
к практическим занятиям по дисциплине
для студентов специальности 26.05.05 «Судовождение»

Севастополь
СевГУ
2019

УДК 629.072.1:656.61(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, к.т.н, доцент

Составитель: С. А. Потапенко

М79 Мореходная астрономия: метод. указания к практическим занятиям по дисциплине «Мореходная астрономия» для студентов специальности 26.05.05 «Судовождение» (специализация «Судовождение на морских путях») / Сост. С. А. Потапенко. – Севастополь: СевГУ, 2019. – 124 с.

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 629.072.1:656.61(076.5)
ББК 39.471.4я73

Рассмотрено и рекомендовано на заседании кафедры «Судовождение и безопасность судоходства» Морского института Севастопольского госуниверситета в качестве методических указаний, протокол № 8 от 30 августа 2018 г.

© Потапенко С.А., сост., 2019
© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ПЗ-1	Вводное. Входной контроль знаний. Небесная сфера: основные точки, линии и плоскости, системы координат	4
ПЗ-2	Видимое движение светил. Графическое решение задач на вспомогательной небесной сфере	11
ПЗ-3	Решение параллактического треугольника по таблицам и на калькуляторе	21
ПЗ-4	Решение задач на перевод часов и годовое движение Солнца	29
ПЗ-5	Морские астрономические пособия, содержание, структура, решаемые задачи. Нахождение местного часового угла и склонения звезды	38
ПЗ-6	Нахождение местного часового угла и склонения Солнца, Луны, планет	46
ПЗ-7	Расчет времени восхода, захода, кульминации Солнца и Луны, начала (конца) навигационных сумерек. Методика расчета освещенности для участка перехода	53
ПЗ-8	Подбор светил для наблюдения, определение наименований светил, использование звёздного глобуса и Star Finder	61
ПЗ-9	Теория и устройство секстана, выверка, определение и уменьшение индекса, измерение высот	66
ПЗ-10	Исправление высот светил. Земная рефракция и наклонение горизонта, астрономическая рефракция, полудиаметр и параллакс светил	78
ПЗ-11,12,13	Текущий контроль знаний. Определение места судна по “одновременным” наблюдениям высот светил приведение высот к одному зениту	86
ПЗ-14,15	Определение места судна по “разновременным” наблюдениям высот Солнца.	97
ПЗ-16	Определение широты места судна по меридиональной высоте Солнца, по высоте Полярной звезды	106
ПЗ-17	Определение широты места судна по высоте Полярной звезды	109
ПЗ-18,19	Определение поправки компаса астрономическими способами	112
ПЗ-20	Подготовка к тестированию на ПК ПЗ «Дельта»	121
ПЗ-21	Тестирование на ПК ПЗ «Дельта»	123

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1.

ВВОДНОЕ. НЕБЕСНАЯ СФЕРА: ОСНОВНЫЕ ТОЧКИ, ЛИНИИ И ПЛОСКОСТИ, СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Входной контроль знаний. Приобретение компетенций согласно таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Компетенции согласно ФГОС ВПО			
ПКС-5. Умение определять место судна и поправки судовых компасов по наблюдениям небесных светил с использованием астрономических ежегодников и мореходных таблиц, а также математических методов и компьютерных программ	—	—	Основные точки, линии и плоскости небесной сферы. Системы н сферических координат
Компетенции согласно Кодексу ПДНВ (Раздел А-П/1. Функция «Судовождение на уровне эксплуатации». Сфера компетентности: «Планирование и осуществление перехода и определение местоположения»)			
К-1. Умение использовать небесные тела для определения места судна	—	—	Основные точки, линии и плоскости небесной сферы. Системы сферических координат
К-9. Умение определять поправки гиро- и магнитных компасов с использованием средств мореходной астрономии и учитывать эти поправки	—	—	Основные точки, линии и плоскости небесной сферы. Системы сферических координат

Объем: 2 академических часа.

Содержание:

1. Краткая характеристика дисциплины – 20 мин.
2. Входной контроль знаний в виде устного опроса – 20 мин.
3. Небесная сфера, основные точки, линии и плоскости, системы координат – 40 мин.
4. Подведение итогов занятия – 10 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Тематические плакаты.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ

Входной контроль имеет целью проверить полученные в ходе ранее изучаемых дисциплин знания студентов, необходимые для успешного усвоения дисциплины «Мореходная астрономия».

Перечень вопросов к входному контролю:

1. Координаты точки на поверхности Земли
2. Понятие о строении Солнечной системы
3. Место астрономии в ряду естественных наук
4. Роль мореходной астрономии в навигации
5. Основные созвездия и звёзды
6. Фазы Луны
7. Летоисчисление
8. Референц-эллипсоид
9. Понятие о законах Кеплера
10. Наиболее яркие навигационные звезды

Входной контроль знаний проводится в устной форме. По результатам входного контроля может быть проведена некоторая корректировка программы дисциплины, а также реализован более гибкий подход к обучению отстающих студентов.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1. Основные точки, линии и плоскости ВНС

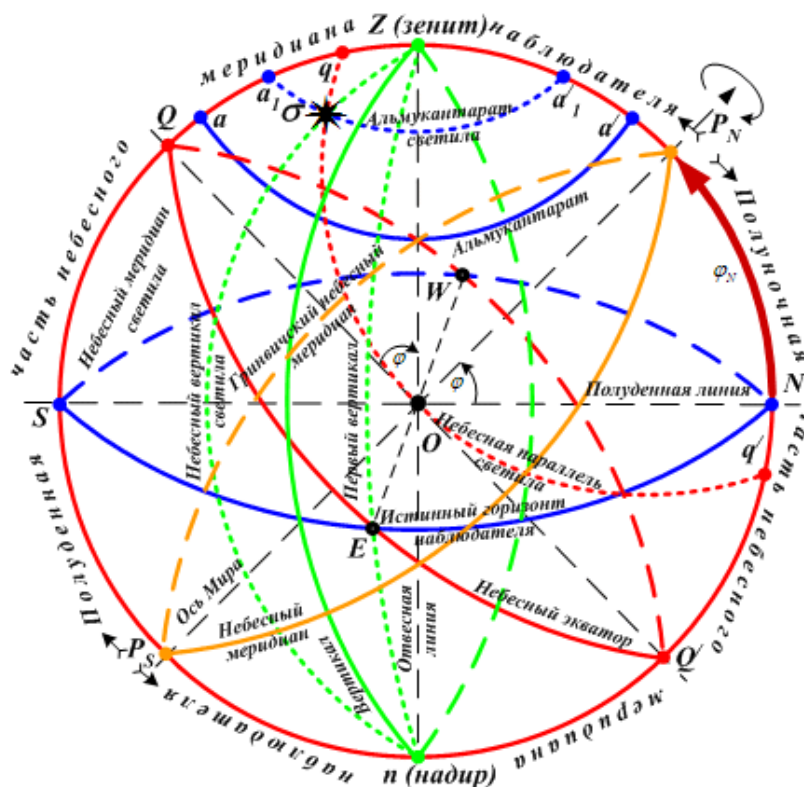


Рисунок 1.1 – Основные точки, линии и плоскости ВНС

Отвесная линия, проходящая через центр и совпадающая с направлением силы тяжести, пересекает небесную сферу в точках зенита “Z” и надира “n”.

Плоскость, перпендикулярная отвесной линии и проходящая через центр сферы, называется *плоскостью истинного горизонта*, которая при пересечении с небесной сферой образует большой круг NESW.

Линия $P_N P_S$, параллельная оси вращения Земли, называется *осью мира*, а точки ее пересечения с небесной сферой *полюсами мира*: северным P_N и южным P_S .

Полюс, расположенный в надгоризонтной части сферы, называется *повышенным*, а в подгоризонтной — *пониженным*. Наименование повышенного полюса всегда одноименно с наименованием широты наблюдателя.

Большой круг $QEQ'W$, плоскость которого перпендикулярна оси мира и проходит через центр сферы, называется *небесным экватором*.

Большой круг $P_N P_S Z$ называется *меридианом наблюдателя*. Ось мира делит его на *полуденную* $P_N Z P_S$ и *полуночную* $P_N P_S$ части.

Большие круги $P_N C P_S$, плоскости которых проходят через полюсы мира, называют *небесными меридианами*.

Большие круги $Z C n$, плоскости которых проходят через отвесную линию (точки зенита и надира), называют *вертикалами*. Вертикал, проходящий через точки E и W, называется *первым вертикалом*.

Малые круги, плоскости которых параллельны плоскости небесного экватора, называются *небесными параллелями*.

Малые круги, плоскости которых параллельны плоскости истинного горизонта, называются *альмукуантаратами*.

Таблица 1.2. Основные точки, линии и плоскости ВНС

Плоскости	Линии	Точки
– небесного меридиана наблюдателя (НМН)	– отвесная линия $\rightarrow ZO n$	O – центр ВНС, P_N, P_S – полюсы Мира, Z – зенит наблюдателя, n – надир наблюдателя, N, E, S, W – точки ИГН.
– истинного горизонта наблюдателя (ИГН)	– ось Мира $\rightarrow P_N O P_S$	
– небесного экватора (НЭ)	– небесный меридиан $\rightarrow P_N E P_S W$	
– вертикала светила	– небесный экватор $\rightarrow QEQW$	
– I-го вертикала	– истинный горизонт наблюдателя $\rightarrow NESW$	
– небесного меридиана светила	– полуденная линия $\rightarrow NOS$	
– альмукуантарата светила	– небесная параллель $\rightarrow q \cdot q'$	
	– альмукуантарат $\rightarrow a \cdot a'$	

3.2. Горизонтная система сферических координат светил

В этой системе за основу берутся следующие плоскости ВНС:

- плоскость небесного меридиана наблюдателя (меридиан наблюдателя);
- плоскость истинного горизонта наблюдателя (истинный горизонт).

Сферическими координатами светила в этой системе являются его *высота* (h) и *азимут* (A).

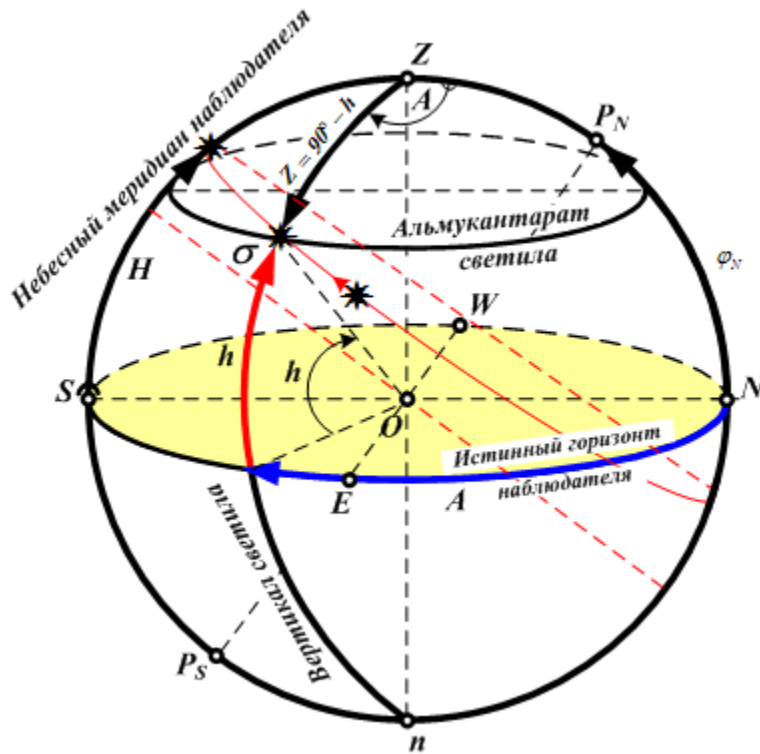


Рисунок 1.2 – Горизонтная система сферических координат светил

Азимут светила (A) → это сферический угол при зените наблюдателя между плоскостью меридиана наблюдателя и вертикалом светила. Азимут светила измеряется дугой истинного горизонта.

Высота светила (h) – это вертикальный (двугранный) угол при центре небесной сферы между плоскостью истинного горизонта наблюдателя и направлением на светило. Измеряется дугой вертикала светила от плоскости истинного горизонта наблюдателя до видимого места светила в пределах от 0° до 90° . Высота светила показывает положение его альмукантарата.

Иногда при вычислениях пользуются не высотой, а ее дополнением до 90° , т.е. дугой которая называется *зенитным расстоянием* светила (Z). $Z = 90^\circ - h$

3.3. Первая экваториальная система сферических координат светил

В этой системе за основу берутся следующие плоскости ВНС:

- плоскость небесного меридиана наблюдателя (меридиан наблюдателя);
- плоскость небесного экватора (небесный экватор).

Положение светила на ВНС относительно плоскости небесного меридиана наблюдателя и плоскости небесного экватора определяют две координаты: *склонение светила (δ)* и *часовой угол светила (t)*.

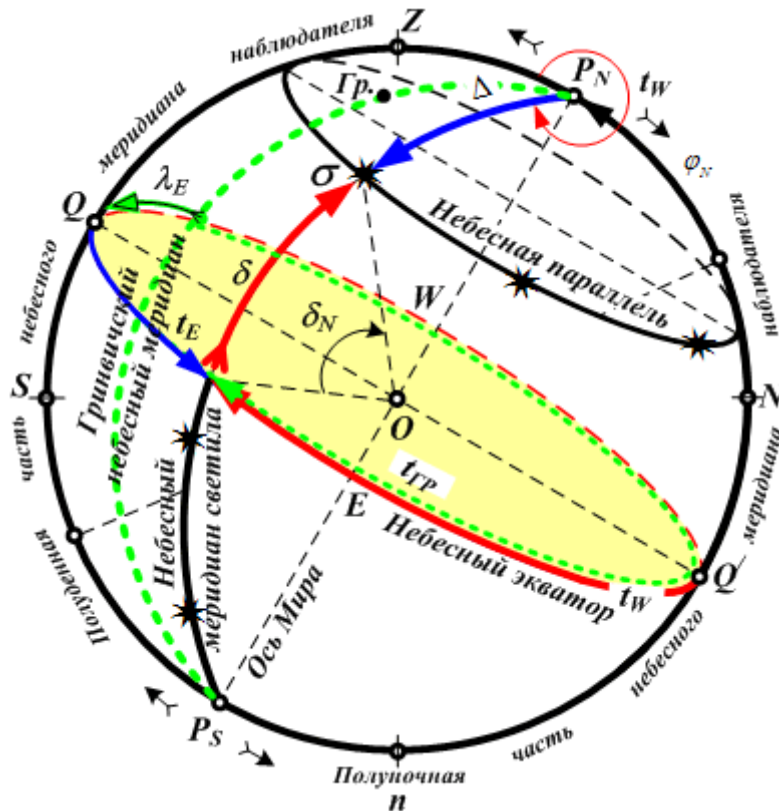


Рисунок 1.3 – Первая экваториальная система сферических координат светил

Склонение светила (δ) $\rightarrow$ это двугранный угол при центре небесной сферы между плоскостью небесного экватора и направлением на светило, который измеряется дугой меридиана светила от небесного экватора до видимого места светила в пределах от 0° до 90° . Склонение светила, как и географическая широта, имеет северное (N) или южное (S) наименование.

Часовой угол светила (t) – это сферический угол при повышенном полюсе Мира между полуденной частью небесного меридиана наблюдателя (принятого за начальный) и меридианом светила.

Часовой угол светила показывает положение небесного меридиана этого светила.

Часовой угол светила измеряется дугой небесного экватора от полуденной части меридиана наблюдателя (от т. Q) в сторону запада (т. W) до меридиана светила в пределах от 0° до 360° .

На практике иногда пользуются не склонением светила, а его дополнением до 90° , т.е. дугой, которое называется *полярным расстоянием* (Δ). $\Delta = 90^\circ - \delta$

При решении ряда задач мореходной астрономии чаще всего используется *практический часовой угол светила*, который всегда меньше или равен 180° и измеряется дугой небесного экватора от полуденной части меридиана наблюдателя (начального) до меридиана светила в сторону запада (W) или востока (E) в пределах от 0° до 180° (т.е. аналогично географической долготе).

3.4. Вторая экваториальная система сферических координат светил

В этой системе координат за основу берутся следующие плоскости ВНС:

- плоскость небесного экватора (небесный экватор);
- небесный меридиан точки Овна (точки весеннего равноденствия → т. « γ »).

Точка Овна – точка пересечения небесного экватора и эклиптики (эклиптика – проекция на небесную сферу годового пути Солнца).

В точке Овна склонение Солнца равно нулю. Происходит смена наименования его южного склонения на северное.

Место светила на небесной сфере во второй экваториальной системе сферических координат определяется двумя координатами: *склонением светила* (δ) и *прямым восхождением светила* (α).

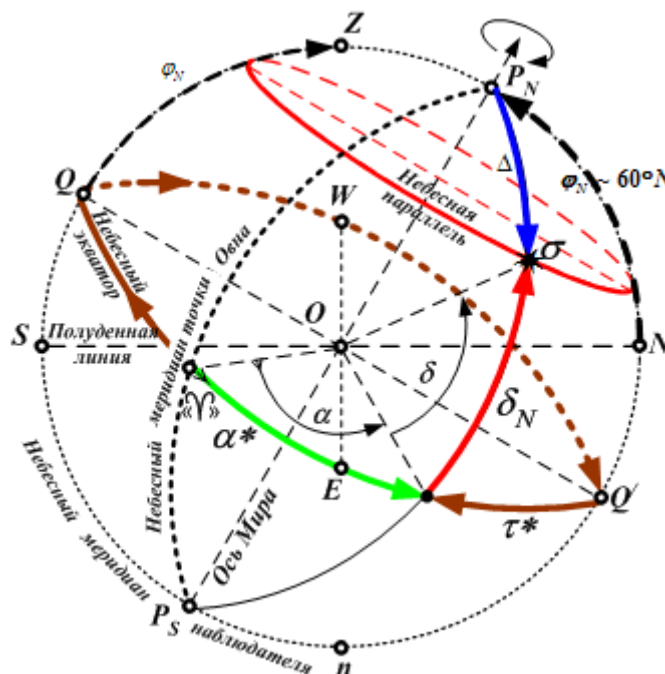


Рисунок 1.4 – Первая экваториальная система сферических координат светил

Прямое восхождение светила (α) → это двугранный угол при центре сферы между плоскостью небесного меридиана точки Овна и плоскостью небесного меридиана светила, который измеряется дугой небесного экватора от небесного меридиана точки Овна до небесного меридиана светила в пределах от 0° до 360° в сторону, обратную счету обыкновенных (вестовых) часовых углов.

Звездное дополнение светила (τ^*) измеряется дугой небесного экватора от небесного меридиана точки Овна до небесного меридиана светила в сторону счета (вестовых) или обыкновенных часовых углов в пределах от 0° до 360° . $\tau^* = 360^\circ - \alpha$

Положение видимых мест звезд на небесной сфере обычно задают величинами склонения (δ) и звездного дополнения (τ^*), а положение видимых мест Солнца и планет величинами склонения светила (δ) и его прямого восхождения (α).

Между первой и второй экваториальными системами сферических координат светил существует зависимость:

$$\begin{aligned} t_W' &= t_W^* + \alpha^* \\ \alpha^* &= t_W' - t_W^* \\ t_W^* &= t_W' - \alpha^* \end{aligned}$$

4. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Дать краткую характеристику дисциплины, ее место и роль в судовождении.
2. Провести входной контроль знаний в виде устного опроса.
3. Разобрать принцип построения вспомогательной небесной сферы (ВНС), нанести основные точки, линии и плоскости.
4. Подвести итоги занятия. Отметить преимущества и недостатки ВНС как наглядного изображения.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Системы координат. Высота, азимут, склонение, часовой угол.
2. Системы счета азимута.
3. Большой и малый круги небесной сферы.
4. Практический счет часового угла.
5. Элементы горизонтной системы.
5. Элементы 1-й и 2-й экваториальной системы.

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.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2.

ВИДИМОЕ ДВИЖЕНИЕ СВЕТИЛ. ГРАФИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ НЕБЕСНОЙ СФЕРЕ

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Приобретение компетенций согласно таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Компетенции согласно ФГОС ВПО			
ПКС-5. Умение определять место судна и поправки судовых компасов по наблюдениям небесных светил с использованием астрономических ежегодников и мореходных таблиц, а также математических методов и компьютерных программ	—	Определять сферические координаты светил на ВНС	Особенности видимого движения светил. Видимое годовое движение Солнца. Особые точки эклиптики
Компетенции согласно Кодексу ПДНВ (Раздел А-П/1. Функция «Судовождение на уровне эксплуатации». Сфера компетентности: «Планирование и осуществление перехода и определение местоположения»)			
К-1. Умение использовать небесные тела для определения места судна	—	Определять сферические координаты светил на ВНС	Особенности видимого движения светил. Видимое годовое движение Солнца. Особые точки эклиптики

Объем: 2 академических часа.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Небесная сфера: основные точки, линии и плоскости, системы координат» – 5 мин.

2. Видимое движение светил, особенности движения светил на экваторе, полюсе и средних широтах. Восходящие и не восходящие светила. Условие пересечения светилом 1-го вертикала – 15 мин.

3. Видимое годовое движение Солнца. Особые точки эклиптики – 15 мин.

4. Явления, связанные с движением Солнца, для наблюдателей в различных широтах – 10 мин.

5. Самостоятельная работа студентов – построение вспомогательной небесной сферы и определение сферических координат светил – 40 мин.

6. Подведение итогов занятия – 5 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Транспортир, циркуль, карандаш.
4. Тематические плакаты.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1. Видимое движение небесных светил

Все звезды, не изменяя взаимных расположений относительно друг друга, непрерывно перемещаются по небесной сфере.

Физическая причина этого явления → вращение Земли вокруг своей оси, и наблюдателю кажется, что небесная сфера со всеми находящимися на ней светилами вращается вокруг оси Мира.

Это движение называется *видимым суточным движением сферы*.

Вследствие суточного движения небесной сферы все светила, вращаясь вместе со сферой, двигаются параллельно экватору (QEQ'W), то есть по небесным параллелям и, в общем случае, пересекают в этом движении неподвижный горизонт (NESW), первый вертикал (ZENW) и меридиан наблюдателя (P_NQ'P_SQ).

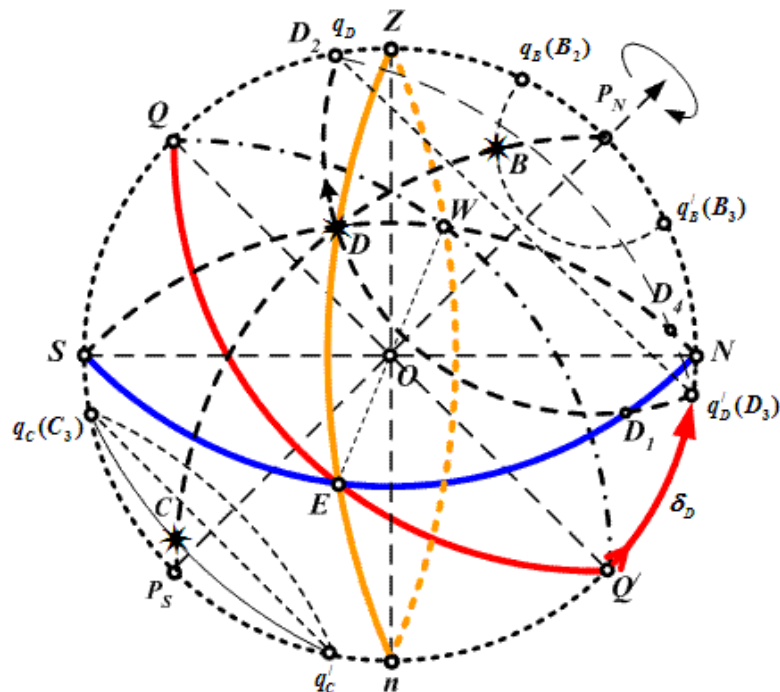


Рисунок 2.1 – Видимое движение светил на небесной сфере

Отметим некоторые положения, которые занимают светила в течение суток.

Светило D. В течение суток светило D совершает полный оборот относительно наблюдателя по небесной параллели (D_3, D_1, D, D_2). В своем видимом движении светило занимает на сфере следующие положения:

т. D_1 → точка пересечения параллели светила с истинным горизонтом наблюдателя на восточной полусфере → *восход светила*;

т. D_2 → точка пересечения параллели светила с меридианом наблюдателя → *кульминация* светила, которая может быть как *верхней* – при пересечении полуденной части меридиана наблюдателя (т. D_2), так и *нижней* – при пересечении полуночной части меридиана наблюдателя (т. D_3). В верхней кульминации (т. D_2) светило имеет наибольшую высоту, в нижней (т. D_3) → наименьшую. Это и есть *меридиональные высоты (H) светила*;

т. D_4 → точка пересечения параллели светила с истинным горизонтом наблюдателя на западной полусфере → *заход светила*.

Светило D часть своего пути проходит над линией истинного горизонта наблюдателя и при этом видно наблюдателю (участок $D_1 D_2 D_4$), а часть пути → ниже линии истинного горизонта наблюдателя и для наблюдателя не видимо (участок $D_4 D_3 D_1$).

Светило B. Параллель этого светила ($BV_2 B_3$) целиком расположена выше горизонта наблюдателя. Такое светило не имеет точек восхода и захода и называется *незаходящим*. Нижняя кульминация незаходящего светила происходит также над горизонтом (т. B_3).

Светило C. Параллель этого светила не достигает истинного горизонта наблюдателя даже в момент своей верхней кульминации (т. C_3), следовательно, это светило *невосходящее* и невидимо для данного наблюдателя в течение всего времени.

Различия в суточном движении светил связаны с численными соотношениями склонения светила (δ) и широты места наблюдателя (φ).

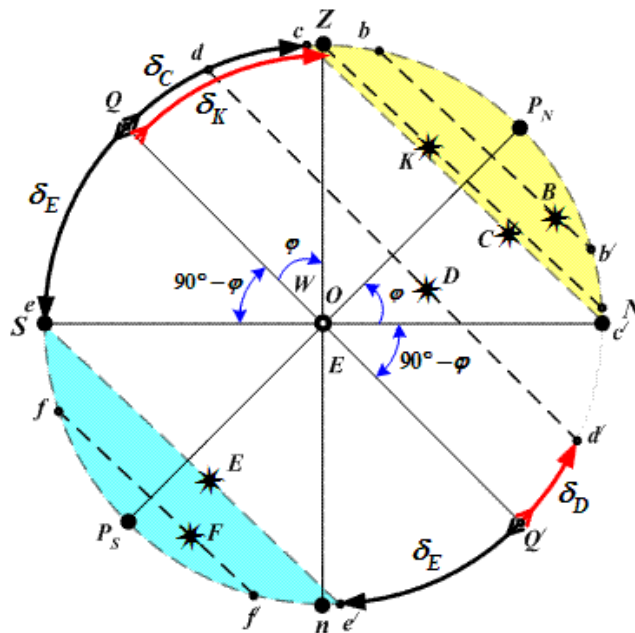


Рисунок 2.2 – Условия восхода и захода светил

Общим условием восхода и захода светила является неравенство:

$$\delta^* < 90^\circ - \varphi$$

Если $\delta = 90^\circ - \varphi$, а склонение (δ) *одноименно с широтой* наблюдателя (φ), то такое светило (*светило C*) является не заходящим и только в одной точке (т. с') касается истинного горизонта наблюдателя в момент своей нижней кульминации.

Если $\delta = 90^\circ - \varphi$, а склонение (δ) *разноименно с широтой* наблюдателя (φ), то такое светило (*светило E*) является не восходящим и только в одной точке (т. е) касается истинного горизонта наблюдателя в момент своей верхней кульминации.

Если $\delta > 90^\circ - \varphi$, а склонение (δ) *одноименно с широтой* наблюдателя (φ), то такое светило (*светило B*) является незаходящим.

Если $\delta > 90^\circ - \varphi$, а склонение (δ) *разноименно с широтой* наблюдателя (φ), то такое светило (*светило F*) является невосходящим для данного наблюдателя.

Через зенит наблюдателя проходят те светила, которые имеют склонение (δ), равное широте наблюдателя (φ) и одноименное с ней, то есть $\delta = \varphi$ и одноименных

Например, светило К в момент своей верхней кульминации проходит через зенит наблюдателя (т. Z), так как у этого светила $\delta_N = \varphi_N$.

2.2. Особенности видимого суточного движения небесных светил

Для наблюдателя на экваторе ($\varphi = 0^\circ$)

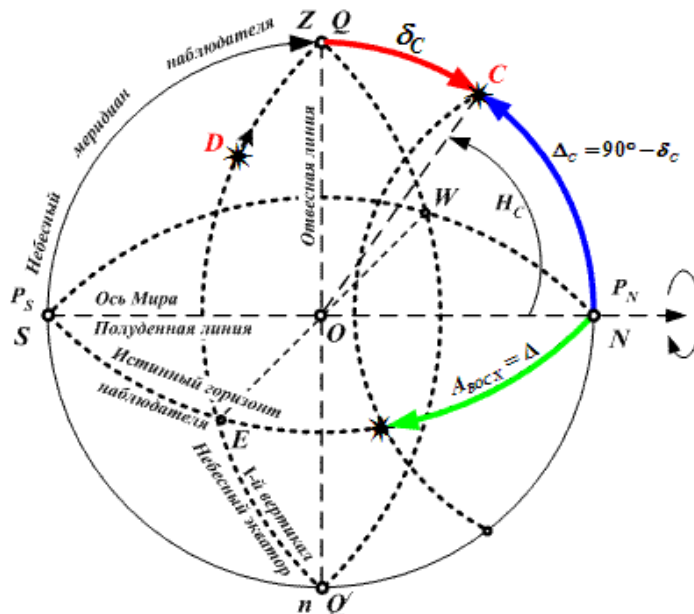


Рисунок 2.3 – Видимое суточное движение светил для наблюдателя на экваторе

В суточном движении светил для данного наблюдателя будут наблюдаться следующие частные особенности:

– параллели всех светил перпендикулярны горизонту и делятся им пополам. Поэтому *все светила восходят и заходят* ($\delta < 90^\circ$) и *все светила находятся одинаковое время над горизонтом и под ним*;

– ни одно из светил не пересекает первый вертикал, так как $\delta > \varphi$, то есть $\delta > 0^\circ$. В частном случае, при $\delta = 0^\circ$, светило D движется по первому вертикалу и кульминирует в точке зенита наблюдателя Z при $h = 90^\circ$.

– в момент верхней кульминации у всех светил меридиональная высота H равна значению полярного расстояния этих светил, то есть $H = \Delta = 90^\circ - \delta$

– азимуты восхода и захода светил равны их полярным расстояниям, то есть $\text{Авосх. (зах)} = \Delta = 90^\circ - \delta$

– азимуты светил вблизи их восхода или захода почти не изменяются, так как светила поднимаются или опускаются практически вертикально; около кульминаций светил изменение их азимута будет максимальным;

– высоты светил изменяются быстрее всего около их восхода или захода, а медленнее → около верхних кульминаций светил.

Для наблюдателя на полюсе ($\varphi = 90^\circ N$ или $\varphi = 90^\circ S$)

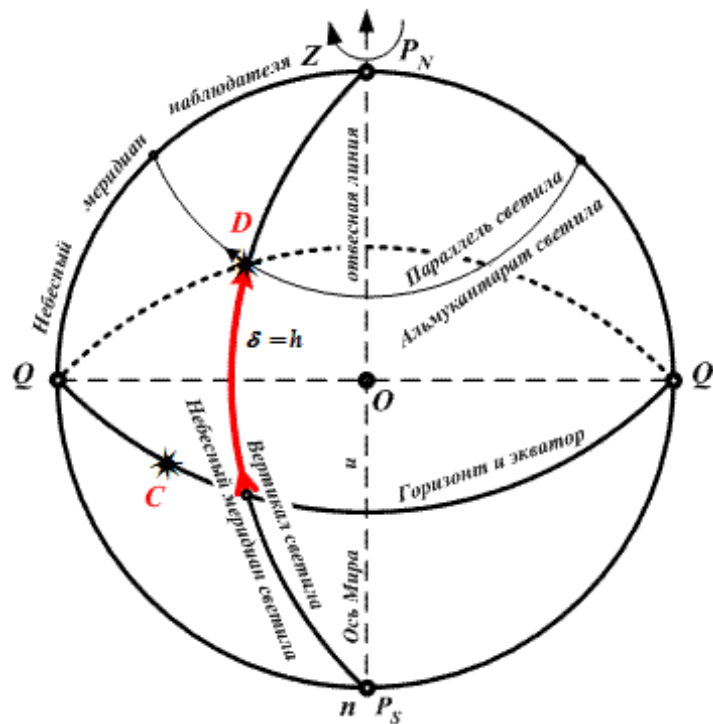


Рисунок 2.4 – Видимое суточное движение светил для наблюдателя на полюсе

В суточном движении светил для данного наблюдателя будут наблюдаться следующие частные особенности:

- высота светила всегда равна его склонению, то есть $h = \delta$ и не изменяется в течение суток, поэтому *нет верхних и нижних кульминаций*;
- все светила не восходят и не заходят, так как $(90^\circ - \varphi) = 0$ и $\delta > 0$;
- наблюдатель никогда не видит светил, склонение которых разноименно с широтой, а светила, имеющие склонение одноименное с широтой, постоянно находятся над истинным горизонтом наблюдателя. В частном случае, если $\delta^* = 0$, то светило С движется по истинному горизонту наблюдателя.

2.3. Видимое годовое движение Солнца. Особые точки эклиптики

Солнце не остается неподвижным на небесной сфере, а перемещается относительно неподвижных звезд, то есть *имеет видимое годовое (собственное) движение*.

Видимое годовое движение Солнца происходит по линии большого круга, наклоненного к небесному экватору на постоянный угол $\sim \varepsilon = 23^\circ 27'$. Этот круг назван *эклиптикой*.

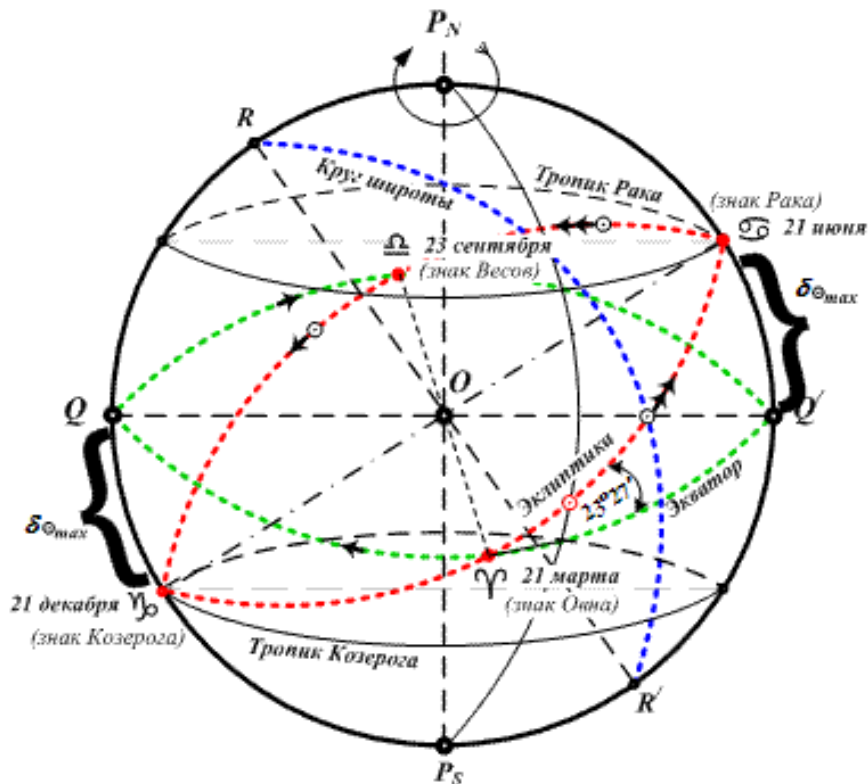


Рисунок 2.5 – Видимое годовое движение Солнца

В течение года Солнце на эклиптике имеет четыре особых положения:

~ 21 марта – точка весеннего равноденствия (Овна), в которой $\alpha = 0^\circ$ и $\delta = 0^\circ$;

~ 21 июня – точка летнего солнцестояния (Рака), в которой $\delta_{\max} = 23^\circ 27' N$ и $\alpha = 90^\circ$;

~ 23 сентября – точка осеннего равноденствия (Весов), в которой $\delta = 0^\circ$ и $\alpha = 180^\circ$;

21 декабря – точка зимнего солнцестояния (Козерога), в которой $\delta_{\max} = 23^\circ 27' S$ и $\alpha = 270^\circ$.

Основные даты	21 марта	21 июня	23 сентября	21 декабря
Прямое восхождение α	$0,0^\circ$	$90,0^\circ$	$180,0^\circ$	$270,0^\circ$
Склонение δ	$0,0^\circ$	$23,5^\circ N$	$0,0^\circ$	$23,5^\circ S$

Приближенные расчеты экваториальных координат Солнца α - *прямое восхождение* (RA - *Right Ascension*) и δ - *склонение* (DEC - *Declination*) выполняются способом изменения координат на величину суточных изменений $\Delta\alpha$ и $\Delta\delta$.

Суточные изменения $\Delta\alpha$ и $\Delta\delta$ принимают значения:

$\Delta\alpha = 1,0^\circ$ в сутки - в течение всего года;

$\Delta\delta = 0,4^\circ$ в сутки - 1-ый месяц до и 1-ый месяц после дня равноденствия;

$\Delta\delta = 0,3^\circ$ в сутки - 2-ой месяц до и 2-ой месяц после дня равноденствия;

$\Delta\delta = 0,1^\circ$ в сутки - 1-ый месяц до и 1-ый месяц после дня солнцестояния.

2.4. Явления, связанные с движением Солнца, для наблюдателей в различных широтах

Для наблюдателя на экваторе $\varphi = 0^\circ$

1. День всегда равен ночи, так как все параллели Солнца делятся горизонтом пополам.

2. В дни равноденствий (~ 21.03 и ~ 23.09) Солнце в полдень проходит через точку зенита (Z) поскольку $\delta_\odot = \varphi = 0^\circ$.

3. Меридиональное зенитное расстояние в момент верхней кульминации Солнца всегда равно его склонению: $Z = 90^\circ - H_\odot = \delta_\odot$. Наименьшая возможная меридиональная высота в момент верхней кульминации $H_\odot = 66^\circ 33' N (S)$ бывает в дни солнцестояний 21.06 (21.12).

4. Солнце не пересекает I вертикал во время суточного движения и бывает лишь в двух четвертях горизонта, так как всегда $\delta_\odot > \varphi$. В дни равноденствий Солнце двигается по I вертикалу и в момент верхней кульминации мгновенно изменяет азимут на 180° – с E на W .

5. Зимой и летом нет разницы в движении Солнца (различаются только наименования азимутов) и в величинах его высоты, поэтому не существует различия во временах года.

Для наблюдателя на полюсе $\varphi = 90^\circ N (S)$

1. День продолжается полгода, пока $\delta_\odot$ одноименно с φ , ночь – тоже полгода, пока $\delta_\odot$ и φ разноименны.

2. Так как в суточном движении Солнце перемещается по параллелям, являющимся одновременно и альмукантаратами, всегда $h_\odot = \delta_\odot$. Наибольшая возможная высота Солнца $h_{\odot \max} = 23^\circ 27'$ бывает в один из дней солнцестояний при $\delta_\odot$ и φ одноименных.

Для наблюдателя в умеренном поясе $23^\circ 27' < \varphi < 66^\circ 33' N (S)$

1. Солнце восходит и заходит в течение года, так как $\delta_\odot < 90^\circ - \varphi$ всегда.
2. Разница в продолжительности дня и ночи в течении года более заметна.
3. В зените Солнце не бывает, поскольку не может быть $\delta_\odot = \varphi$.

Для наблюдателя в тропическом поясе $0^\circ < \varphi < 23^\circ 27' N (S)$

1. Солнце восходит и заходит ежедневно, так как $\delta_\odot < 90^\circ - \varphi$.
2. Продолжительность дня и ночи изменяются незначительно.
3. Дважды в год Солнце в полдень проходит через зенит, когда $\delta_\odot = \varphi$ и они одноименны. Если наблюдатель находится на одном из тропиков, то Солнце в зените бывает один раз в году (21.06 – тропик Рака, 21.12 – тропик Козерога).

Для наблюдателя в полярном поясе $\varphi \geq 66^\circ 33' N (S)$

1. При $\delta_\odot$ и φ одноименных может наблюдаться незаходящее Солнце, если $\delta_\odot > 90^\circ - \varphi$ (полярный день).
2. При $\delta_\odot$ и φ разноименных может Солнце не всходить (полярная ночь).
3. При $\delta_\odot = 90^\circ - \varphi$ и одноименных – начало (конец) полярного дня.
4. При $\delta_\odot = 90^\circ - \varphi$ и разноименных – начало (конец) полярной ночи.

3. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Провести текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Небесная сфера: основные точки, линии и плоскости, системы координат».

2. Разобрать принцип видимого движения светил, особенности движения светил на экваторе, полюсе и средних широтах. Дать определение восходящие и не восходящие светила. Разобрать условие пересечения светилом 1-го вертикала.

3. Разобрать принцип видимого годового движения Солнца. Определить особые точки эклиптики.

4. Разобрать явления, связанные с движением Солнца, для наблюдателей в различных широтах.

5. Выдать задания для самостоятельной работы студентов по построению вспомогательной небесной сферы и определению сферических координат светил.

6. Выполнить проверку выполнения заданий. Подвести итог по занятию.

4. ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

В задачах №№ 1-30 необходимо:

построить вспомогательную небесную сферу для заданной широты, нанести положение светила на сферу и определить приближенно искомые координаты.

№	Дано				Найти
1	$\varphi = 30^\circ\text{N}$	$h = 75^\circ$	$A = 55^\circ\text{SW}$		t, δ
2	$\varphi = 42^\circ\text{S}$	$h = 30^\circ$	$A = 215^\circ$		t, δ
3	$\varphi = 40^\circ\text{N}$	$h = 65^\circ$	$t = 25^\circ\text{E}$	$\tau^* = 245^\circ$	A, δ, t^γ
4	$\varphi = 50^\circ\text{N}$	$h = 30^\circ$	$A = 56^\circ\text{S W}$		t, δ
5	$\varphi = 45^\circ\text{N}$	$t = 25^\circ\text{E}$	$\delta = 30^\circ\text{N}$		h, A
6	$\varphi = 50^\circ\text{S}$	$t = 70^\circ\text{E}$	$\delta = 30^\circ\text{S}$		h, A
7	$\varphi = 45^\circ\text{N}$	$h = 60^\circ$	$t = 40^\circ\text{W}$	$\alpha = 50^\circ$	A, δ, t^γ
8	$\varphi = 40^\circ\text{N}$	$h = 27^\circ$	$A = \text{N}80^\circ\text{W}$		t, δ
9	$\varphi = 40^\circ\text{N}$	$t = 35^\circ\text{W}$	$\delta = 25^\circ\text{N}$		h, A
10	$\varphi = 37^\circ\text{N}$	$h = 20^\circ$	$A = 80^\circ$	$t^\gamma = 350^\circ$	δ, t, τ^*
11	$\varphi = 55^\circ\text{N}$	$t = 25^\circ\text{E}$	$\delta = 10^\circ\text{N}$		h, A
12	$\varphi = 30^\circ\text{S}$	$h = 20^\circ$	$t = 65^\circ\text{E}$		A, δ
13	$\varphi = 60^\circ\text{N}$	$h = 30^\circ$	$t = 45^\circ\text{E}$		A, δ
14	$\varphi = 50^\circ\text{S}$	$t = 62^\circ\text{W}$	$\delta = 57^\circ\text{S}$		h, A
15	$\varphi = 30^\circ\text{N}$	$t = 20^\circ\text{W}$	$\delta = 10^\circ\text{N}$		h, A
16	$\varphi = 40^\circ\text{S}$	$h = 20^\circ$	$A = 66^\circ\text{SW}$	$t^\gamma = 75^\circ$	t, δ, τ^*
17	$\varphi = 40^\circ\text{N}$	$t = 40^\circ\text{W}$	$\delta = 10^\circ\text{N}$		h, A
18	$\varphi = 51^\circ\text{S}$	$A = 39^\circ$	$A = 28^\circ\text{NE}$		t, δ
19	$\varphi = 40^\circ\text{N}$	$t = 15^\circ\text{W}$	$\delta = 10^\circ\text{N}$		h, A
20	$\varphi = 15^\circ\text{N}$	$t = 25^\circ\text{E}$	$\delta = 30^\circ\text{S}$	$t^\gamma = 220^\circ$	h, A, τ^*
21	$\varphi = 40^\circ\text{N}$	$t = 45^\circ\text{W}$	$\delta = 60^\circ\text{N}$		h, A
22	$\varphi = 35^\circ\text{N}$	$h = 20^\circ$	$t = 30^\circ\text{W}$		A, δ
23	$\varphi = 15^\circ\text{N}$	$h = 40^\circ$	$A = 145^\circ$		t, δ
24	$\varphi = 35^\circ\text{N}$	$t = 35^\circ\text{W}$	$\delta = 3^\circ\text{S}$		h, A
25	$\varphi = 40^\circ\text{N}$	$h = 55^\circ$	$A = 60^\circ\text{NW}$	$t^\gamma = 100^\circ$	t, δ, τ^*
26	$\varphi = 27^\circ\text{S}$	$t = 26^\circ\text{W}$	$\delta = 26^\circ\text{S}$		h, A
27	$\varphi = 45^\circ\text{N}$	$t = 30^\circ\text{E}$	$\delta = 10^\circ\text{N}$		h, A
28	$\varphi = 70^\circ\text{N}$	$t = 70^\circ\text{W}$	$h = 55^\circ$	$\alpha = 300^\circ$	A, δ, t^γ
29	$\varphi = 45^\circ\text{N}$	$h = 65^\circ$	$t = 20^\circ\text{W}$	$\tau^* = 330^\circ$	A, δ, t^γ
30	$\varphi = 41^\circ\text{N}$	$t = 75^\circ\text{E}$	$\delta = 59^\circ\text{N}$		h, A

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы основные элементы сферы?
2. Особенности движения светил на экваторе, полюсе и средних широтах.
3. Восходящие и не восходящие светила.
4. Условие пересечения светилом 1-го вертикала.
5. Видимое годовое движение Солнца. Особые точки эклиптики.
6. В каких единицах измеряются дуги больших кругов?

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.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3.

РЕШЕНИЕ ПАРАЛЛАКТИЧЕСКОГО ТРЕУГОЛЬНИКА ПО ТАБЛИЦАМ И НА КАЛЬКУЛЯТОРЕ

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Приобретение компетенций согласно таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Компетенции согласно ФГОС ВПО			
ПКС-5. Умение определять место судна и поправки судовых компасов по наблюдениям небесных светил с использованием астрономических ежегодников и мореходных таблиц, а также математических методов и компьютерных программ	—	Решение параллактического треугольника	Параллактический треугольник и его элементы
Компетенции согласно Кодексу ПДНВ (Раздел А-П/1. Функция «Судовождение на уровне эксплуатации». Сфера компетентности: «Планирование и осуществление перехода и определение местоположения»)			
К-1. Умение использовать небесные тела для определения места судна	—	Решение параллактического треугольника	Параллактический треугольник и его элементы
К-9. Умение определять поправки гиро- и магнитных компасов с использованием средств мореходной астрономии и учитывать эти поправки	—	Решение параллактического треугольника	Параллактический треугольник и его элементы

Объем: 2 академических часа.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Видимое движение светил. Графическое решение задач на вспомогательной небесной сфере» – 10 мин.
2. Параллактический треугольник, его элементы – 10 мин.
3. Решение параллактического треугольника по формулам сферической тригонометрии и таблицам – 20 мин.
4. Самостоятельная работа студентов – решение параллактического треугольника – 40 мин.
5. Подведение итогов занятия – 10 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Калькуляторы.
4. Таблицы для вычисления высот и азимутов светил ВАС-58, ТВА-57, Norie's table, Sight Reduction Table.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1. Элементы паралактического треугольника

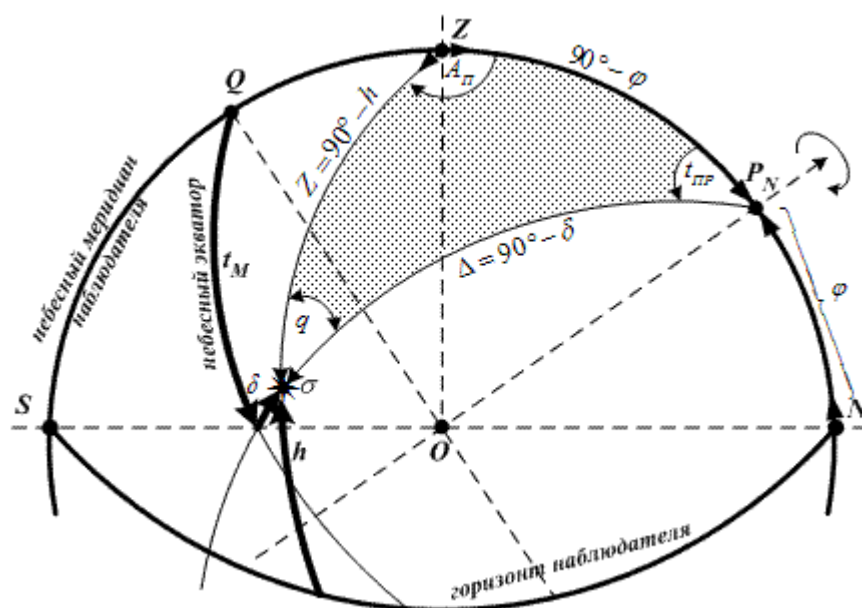


Рисунок 3.1 – Паралактический треугольник светила

Решением паралактического треугольника называется определение его неизвестных элементов через заданные, которых должно быть не менее трёх.

Построив для данной широты небесную сферу и проведя вертикал и меридиан светила, получим сферический треугольник, вершинами которого являются *повышенный полюс мира* P_N , *зенит наблюдателя* Z и *место светила* (S_3).

Этот треугольник называется *паралактическим треугольником* светила.

Элементами паралактического треугольника являются:

- угол при зените - азимут полукругового счета A ;
- угол при полюсе - местный часовой практический угол t , отсчитываемый от меридиана данного наблюдателя;
- угол при светиле, который называется паралактическим углом (q) и в практике мореходной астрономии применяется редко;

- сторона ZP_N - дополнение широты до 90° , т. е. $90^\circ - \varphi$;
- сторона $P_N S_3$ - дополнение склонения до 90° , или *полярное расстояние* $\Delta = 90^\circ - \delta$;
- сторона ZS_3 - дополнение высоты до 90° , или *зенитное расстояние* $z = 90^\circ - h$.

Параллактический треугольник связывает небесные координаты – горизонтные (h и A) и экваториальные (δ и t) – с географическими координатами наблюдателя (широта прямо входит в параллактический треугольник).

Решая параллактический треугольник светила по формулам сферической тригонометрии, в практической астрономии получают или отдельно координаты наблюдателя, или находят его обсервованное место на карте. Из параллактического треугольника светила также вычисляют азимут светила для различных способов определения поправки компаса. Таким образом, все основные задачи мореходной астрономии решают с применением параллактического треугольника светила.

В сферическом треугольнике косинус стороны равен произведению косинусов двух других сторон плюс произведение синусов этих же сторон и на косинус угла между ними:

$$\cos(90 - h) = \cos(90 - \varphi) \cos(90 - \delta) + \sin(90 - \varphi) \sin(90 - \delta) \cos t$$

Применив формулы приведения, окончательно получим:

$$\sin h = \sin \varphi \times \sin \delta + \cos \varphi \times \cos \delta \times \cos t$$

В сферическом треугольнике произведение котангенса крайнего угла на синус среднего угла равно произведению котангенса крайней стороны на синус средней стороны и минус произведение косинусов средних элементов.

$$\operatorname{ctg} A \times \sin t = \operatorname{ctg}(90 - \delta) \times \sin(90 - \varphi) - \cos(90 - \varphi) \times \cos t$$

Применив формулы приведения, окончательно получим:

$$\operatorname{ctg} A = \operatorname{tg} \delta \times \cos \varphi \times \operatorname{cosec} t - \sin \varphi \times \operatorname{ctg} t$$

Знаки аргументов в формулах следующие:

Широта φ всегда имеет знак «+»;

Склонение δ имеет знак «+», когда одноимённо с φ ,

когда разноимённо, то $\cos \delta$ «+», остальные функции «-».

Часовой угол t всегда имеет знак «+» если $t < 90^\circ$,

если $t > 90^\circ$, то $\operatorname{cosec} t$ имеет знак «+», остальные функции «-».

Азимут получается в полукруговом счете. Его первая буква одноименна с широтой, а вторая - с практическим часовым углом. Если азимут получился отрицательным, к нему добавляют 180°, а после этого присваивают наименование. Полученный полукруговой азимут необходимо перевести в круговой.

1.2. Решение параллактического треугольника

Решение параллактического треугольника может быть выполнено либо по формулам сферической тригонометрии на калькуляторе, либо по таблицам MT-2000, TBA-57, Norie's Tables, Sight Reduction Tables.

Аналитически параллактический треугольник решают путем вычислений по формулам сферической тригонометрии.

Высота и азимут светила вычисляются по следующим формулам:

$$\sin h = \sin \varphi \times \sin \delta + \cos \varphi \times \cos \delta \times \cos t$$

$$\text{ctg} A = \text{tg} \delta \times \cos \Phi \times \text{cosec} t - \sin \Phi \times \text{ctg} t$$

По таблице Sight Reduction Tables.

Навигационные таблицы SRT NP-249 представлены в трех томах:

Volume 1 – для 57 наиболее удобных и приметных звезд в астронавигации

Volume 2 – для светил в диапазоне широт от 0° до 40° N/S и склонений от 0° до 29° N/S.

Volume 3 – для светил в диапазоне широт от 39° до 89° N/S и склонений от 0° до 29° N/S.

Вход в таблицы второго и третьего тома осуществляется по трём аргументам:

- широте,
- склонению светила
- местному часовому углу светила.

Таблицы составлены с шагом в 1°. Склонения (горизонтальный аргумент таблицы) разбиты на две группы: первая от 0° до 14° и вторая от 15° до 29°. Каждому градусу широты соответствует два условия – если широта одноименна со склонением (eng. same) и если широта и склонение разноименные (eng. contrary).

Местный часовой угол (вертикальный аргумент таблицы) имеет интервал в 1°.

Войдя в таблицы по указанным аргументам, выбирают значения соответствующих истинных высот H_c и полукруговых азимутов Z .

Светило - Betelgeuse

Lat = $30^{\circ} 10.0'S$; LHA* = $326^{\circ} 38.2'$ (LHA^{Aries} = $55^{\circ} 38.2'$); Dec = $07^{\circ} 24.5' N$

Войдя в таблицу по известным аргументам (Lat. 30, Declination (0° - 14°) CONTRARY name to Latitude) выбираем значения Hc и можем интерполировать по LHA между двумя ближайшими значениями.

Разница за склонение компенсируется выбранной поправкой d-correction из таблицы 5, в которую входим по аргументам $d = -47$ и $\Delta\delta = 24.5'$ разницей между ближайшими значениями склонения, где в пересечении столбика и строки находится искомая поправка d-correction равная «минус» $19'$. С учетом знака поправки исправляем истинную (табличную) высоту светила Hc.

LHA	Hc	d	Z	Hc	
326°	$40^{\circ} 40'$	-46	133	d ₋₄₇	-19
327°	$41^{\circ} 18'$	-47	134	Hc	$40^{\circ} 45.0'$
$326^{\circ} 38.2'$	$41^{\circ} 04.0'$	-47	133.6		

Для перевода полукругового азимута в круговой необходимо следовать правилам, указанным на соответствующих страницах пособия. Правило перевода выбирают в зависимости от наименования широты и величины часового угла.

Для северной широты:	Для южной широты:
- если LHA > 180° , то $Z_n = Z$	- если LHA > 180° , то $Z_n = 180^{\circ} - Z$
- если LHA < 180° , то $Z_n = 360^{\circ} - Z$	- если LHA < 180° , то $Z_n = 180^{\circ} + Z$

Согласно правила S. Lat. LHA > 180° , $Z_n = 180^{\circ} - Z$, получаем:

$$Z_n = 180^{\circ} - 133.6^{\circ} = 046.4^{\circ}$$

По таблице ТВА-57

Порядок пользования таблицами представлен в данном издании в объяснениях к таблицам.

δ	$21^{\circ} 36.2' S$	T	62679		
t	$59 27.5 W$	$+S$	5880	T	75308
x	$37 55.8 S$	T	68559	$-S$	2061
φ	$42 19.7 N$			T	73247
y	$170 15.5$	T	55420	$+S$	126
A	$53^{\circ} 36.0' SW$	$-S$	4533	T	73373
h	$5^{\circ} 49.0'$	T	50887		

Рисунок 3.2 – Порядок решения по таблице ТВА-57

По таблице ВАС-58

Порядок пользования таблицами ВАС-58 представлен в данном издании в объяснениях к таблицам.

	Зад.	Табл.	Зад.-Табл.	h_T		A_T	125,1 °
φ	37 ° 10,0 ' S	37 °	$\Delta\varphi$ 10 '	Δh_φ		ΔA_φ	0,0 °
δ	15 ° 34,3 ' N	15 °	$\Delta\delta$ 34,3 '	Δh_δ		ΔA_δ	0,4 °
t	54 ° 19,8 ' E	54 °	Δt 19,8 '	Δh_t		ΔA_t	-0,3 °
q	137 °			Δh_d		$\Sigma\Delta A$	0,1 °
				$\Sigma\Delta h$		A_c	125,2 ° SE
				h_c		$A_{кр}$	54,8 °

3. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Провести текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Видимое движение светил. Графическое решение задач на вспомогательной небесной сфере».

2. Дать определение параллактического треугольника. Разобрать его элементы.

3. Разобрать принцип решения параллактического треугольника по формулам сферической тригонометрии и таблицам.

4. Выдать задания для самостоятельной работы студентов по решению параллактического треугольника.

6. Выполнить проверку выполнения заданий. Подвести итог по занятию.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы основные элементы сферического треугольника?

2. Что связывают формулы сферической тригонометрии?

3. Сколько всего основных формул сферической тригонометрии?

4. Сформулируйте сферическую теорему косинусов.

5. Сформулируйте сферическую теорему синусов.

6. Таблицы для вычисления высот и азимутов светил (ВАС-58, ТВА-57, Norie's table и т.п.)

7. Сравнительные особенности таблиц

5. ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

В задачах №№ 31-60 необходимо:

- построить небесную сферу по условию задачи и графически приближенно определить h и A светила;
- вычислить h и A по таблицам ТВА;
- вычислить h и A по калькулятору.

№	φ	δ	t
31	29°07,6'N	8°13,4'N	51°12,8'W
32	26 31,6 S	56 47,6 S	60 56,0 W
33	1 23,7 S	2 39,2 S	44 35,5 E
34	43 58,5 N	5 16,3 N	37 14,5 W
35	37 52,5 N	19 58,1 S	48 09,2 W
36	59 58,8 S	56 47,8 S	135 15,2W
37	68 31,6 S	15 39,1 S	39 21,9 E
38	40 01,6 N	12 03,3 N	38 38,9 W
39	32 00,4 N	15 16,5 S	42 22,8 E
40	51 02,8 N	23 22,6 N	73 43,7 E
41	49 57,0 N	7 47,0 N	52 28,3 W
42	42 17,8 N	5 58,0 S	4 10,1 E
43	33 51,6 S	7 31,5 N	51 00,8 W
44	54 04,5 N	23 22,5 N	59 43,7 W
45	5 11,4 N	15 00,5 S	36 59,8 E
46	54 36,5 N	0 50,3 N	20 09,0 E
47	21 13,7 N	2 20,9 S	38 20,9 W
48	0 03,8 N	38 46,3 N	6 27,0 W
49	31 47,9 N	15 27,1 S	39 13,3 W
50	20 08,8 S	15 06,2 N	22 26,4 W
51	39 49,4 N	19 53,2 S	35 40,6 E
52	22 10,6 N	38 46,0 N	79 21,1 E
53	5 18,9 S	8 17,4 N	54 51,5 E
54	55 58,6 N	19 16,8 N	57 27,3 W
55	14 35,9 S	1 58,4 S	33 24,9 W
56	8 05,6 S	45 12,5 N	4 41,2 E
57	48 33,6 N	15 10,3 S	31 51,2 W
58	22 10,6 N	26 23,5 S	46 22,8 E
59	20 01,7 S	1 45,4 S	39 10,8 W
60	55 58,6 N	61 51,4 N	106 35,0W

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.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ПЕРЕВОД ЧАСОВ И ГОДОВОЕ ДВИЖЕНИЕ СОЛНЦА

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Приобретение компетенций согласно таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Компетенции согласно ФГОС ВПО			
ПКС-5. Умение определять место судна и поправки судовых компасов по наблюдениям небесных светил с использованием астрономических ежегодников и мореходных таблиц, а также математических методов и компьютерных программ	—	Нахождение местного, гринвичского, поясного времени	Гринвичское, поясное, местное, стандартное время. Смена часовых поясов
Компетенции согласно Кодексу ПДНВ (Раздел А-П/1. Функция «Судовождение на уровне эксплуатации». Сфера компетентности: «Планирование и осуществление перехода и определение местоположения»)			
К-1. Умение использовать небесные тела для определения места судна	—	Нахождение местного, гринвичского, поясного времени	Гринвичское, поясное, местное, стандартное время.

Объем: 2 академических часа.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Параллактический треугольник» – 10 мин.
2. Основы измерения времени – 10 мин.
3. Системы счета времени. Демаркационная линия – 20 мин.
4. Расчет экваториальных координат Солнца – 10 мин.
5. Самостоятельная работа студентов – решение задач на перевод времени – 30 мин.
6. Подведение итогов занятия – 10 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Карта часовых поясов.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1. Основы измерения времени

В основу систем счета времени положены астрономические методы его измерения, использующие в качестве эталонов:

- природный период вращения Земли вокруг своей оси – сутки;
- период обращения Земли вокруг Солнца – год.

Длительность суток, то есть продолжительность одного оборота Земли вокруг своей оси, можно заметить по наблюдениям какой-либо звезды или Солнца, отсюда и наименование суток – звездные или солнечные и наименование времени – звездное или солнечное.

Принимая Землю «условно неподвижной», можно считать, что вращение небесной сферы с востока (E) на запад (W) совершается так же равномерно, как и реальное вращение Земли с запада (W) на восток (E).

Перемещение меридиана светила в ходе видимого суточного движения, начиная с момента кульминации светила на небесном меридиане наблюдателя, будет характеризовать течение времени, а в момент следующей одноименной кульминации – сутки закончатся.

Так как дуга экватора от полуденной части местного меридиана до меридиана светила измеряет часовой угол (t) светила, то между измерением часовых углов светил и измерением времени существует зависимость:

$$0ч \sim 0^\circ; 1ч \sim 15^\circ; 6ч \sim 90^\circ; 12ч \sim 180^\circ; 18ч \sim 270^\circ; 24ч \sim 360^\circ.$$

В астрономии для измерения времени принимают звездные сутки.

Продолжительность звездного периода вращения Земли определяется по суточному движению точки Овна – точки «весеннего равноденствия (т. « γ »)), которая занимает на небесной сфере вполне определенное положение и от нее ведется счет прямых восхождений (α) и звездных дополнений (τ^*) светил.

Звездные сутки – интервал времени между двумя последовательными прохождениями точки « γ » через полуденную часть местного меридиана, то есть между двумя последовательными верхними кульминациями точки « γ ».

Звездное местное время (S_M) – интервал времени от момента верхней кульминации точки « γ » на местном меридиане до данного момента в звездных величинах.

$$S_M = t\gamma_M$$

Каждому географическому меридиану соответствует свое звездное местное время.

Звездное местное время на Гринвичском меридиане называется *гринвичским звездным временем*

$$S_{GP} = t_{\nabla GP}$$

Звездное время гринвичского меридиана (S_{GP}) и местное звездное время наблюдателя отличаются на величину долготы:

$$S_M = S_{GP} \pm \lambda^E_W$$

Звездное местное время (S_M) равно западному (вестовому) часовому углу любого светила «плюс» прямое восхождение того же светила, то есть:

$$S_M = t_W^* + \alpha^* \text{ или } t_{\nabla W} = t_W^* + \alpha^*$$

а это и есть основная формула времени – связывающая координаты светил со временем.

Часовой угол, которым выражается звездное время, можно заменить единицами времени ($1ч = 15^\circ$; $1мин. = 15'$ и т.д.).

В повседневной жизни удобнее пользоваться солнечным временем.

Средние солнечные сутки → интервал времени между двумя последовательными нижними кульминациями среднего Солнца на одном и том же местном меридиане.

Среднее время (T) – время, измеряемое средними солнечными сутками, или их долями. Среднее время (T) имеет дату и рассчитывается по формуле:

$$T = t_{W\oplus} \pm 12ч$$

За начало счета *среднего солнечного времени* принята полночь.

Средним солнечным временем в данный физический момент называется число средних часов, минут и секунд, протекших от начала средних суток до данного физического момента.

Средние сутки служат основой измерения времени в повседневной жизни.

2.2. Системы счета времени

Гринвичское (всемирное) время T_{gr} (GMT - Greenwich Mean Time)- это промежуток времени от момента нижней кульминации среднего Солнца на гринвичском (нулевом) меридиане до данного момента, выраженный в средних солнечных единицах. Проще говоря, это *время на Гринвичском меридиане*.

Местное время T_m (LMT - Local Mean Time) – это промежуток времени от момента нижней кульминации среднего Солнца на местном меридиане до

данного момента, выраженный в средних солнечных единицах. Проще говоря, это время на меридиане наблюдателя.

Поясное время T_n (ST - Standard time, Zone Time)- среднее время центрального для данного пояса меридиана, по которому установлены все часы.

Ширина часового пояса равна 15° . Местное время от поясного может отличаться не более, чем на 0,5 часа. Существуют специальные карты часовых поясов.

Сущность поясного времени заключается в том, что у всех наблюдателей, находящихся в одном часовом поясе, часы устанавливаются по местному времени осевого (центрального) меридиана данного пояса.

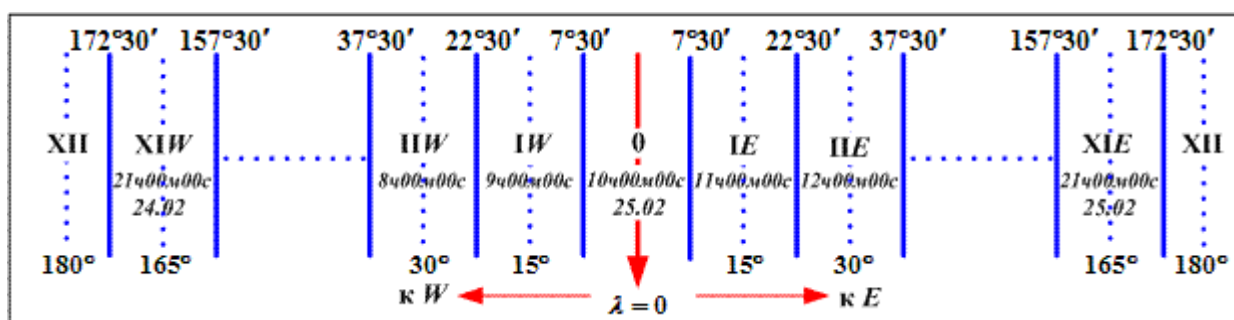


Рисунок 4.1 – Часовые пояса

Чтобы определить номер часового пояса N_2 (ZD - Zone description), необходимо долготу разделить на 15. Если остаток при делении меньше $7,5^\circ$ то целое значение частного и будет номером часового пояса. Если остаток при делении больше $7,5^\circ$, то к целому значению частного прибавляется 1.

Правило: НА ВОСТОКЕ ВРЕМЕНИ БОЛЬШЕ

Например: $\lambda = 127^\circ 20' E$; $N_2 = 8 E$ (остаток при делении $7^\circ 20'$),
 $\lambda = 127^\circ 40' W$; $N_2 = 9 W$ (остаток при делении $7^\circ 40'$).

Судовое время T_c (ship mean time, ZT - Zone Time)- время пояса, по которому установлены стрелки судовых часов с точностью до 1 минуты.

Связь времен выражается формулами:

MAE	Nautical Almanac	MAE	Nautical Almanac
$T_c = T_{cp} \pm N_2^E W$	$ZT = GMT \pm ZD^E W$	$T_{cp} = T_c \pm N_2^W E$	$GMT = ZT \pm ZD^W E$
$T_n = T_{cp} \pm N_2^E W$	$ST = GMT \pm ZD^E W$	$T_{cp} = T_n \pm N_2^W E$	$GMT = ST \pm ZD^W E$
$T_m = T_{cp} \pm \lambda^E W$	$LMT = GMT \pm Long^E W$	$T_{cp} = T_m \pm \lambda^W E$	$GMT = LMT \pm Long^W E$

При переходе из одного часового пояса в другой стрелки всех часов переводятся, как правило, в ближайшую полночь на 1 час:

«вперед» → при плавании в восточном направлении;

«назад» → при плавании в западном направлении.

При перестановке часов делается запись в судовом (вахтенном) и навигационном журналах.

Хорошей морской практикой установлено при переходе из одного часового пояса в другой стрелки часов переводить:

на один час вперед → в ночное время (при следовании на восток), сокращая тем самым длительность ночных вахт;

на один час назад → после полудня (при следовании на запад), увеличивая тем самым послеобеденный отдых команды. Неизбежное при этом увеличение длительности дневной вахты не столь обременительно, как ночной.

2.3. Демаркационная линия времени

Линия перемены дат называется *демаркационной линией времени*.

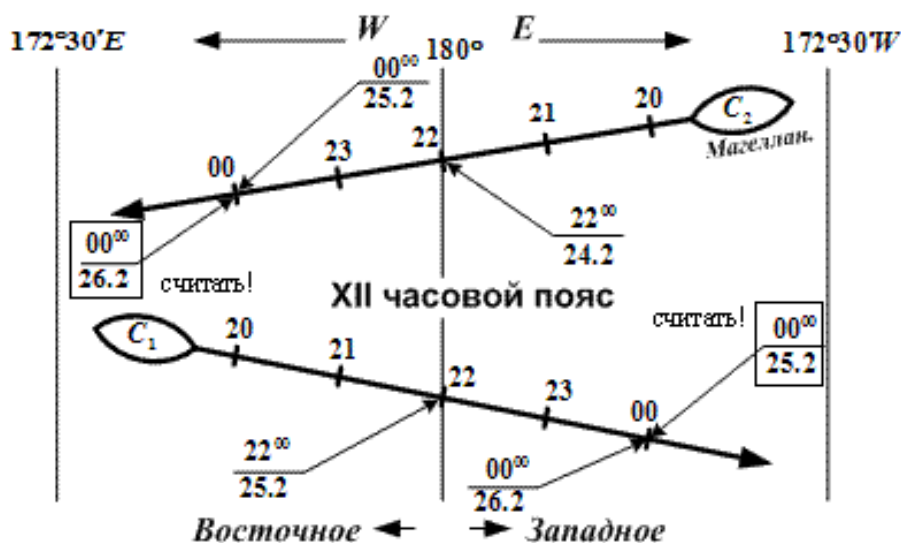


Рисунок 4.2 – Демаркационная линия

Установленная линия смены дат → демаркационная линия → проходит по меридиану 180°, огибая при этом Чукотский полуостров, Алеутские острова и некоторые острова Тихого океана.

Судно C_1 , пересекающее меридиан 180° восточным курсом, переходя в западное полушарие, попадает как бы «во вчерашний» день, оно должно изменить календарную дату на предыдущую (22.00 25.2 считать 22.00 24.2), то есть прожить прошедшие сутки еще раз.

Судно C_2 , следующее западным курсом, переходя в восточное полушарие, попадет как бы «в завтрашний» день, оно должно изменить календарную дату на следующую (22.00 24.2 считать 22.00 25.2), то есть исключить целые сутки.

Дату принято менять не в момент пересечения демаркационной линии, а в ближайшую полночь. При смене даты делается запись в судовом (вахтенном) и навигационном журналах.

Решение задач на перевод времен по формулам необходимо, во избежание ошибок, выполнять в стандартных схемах, как это показано в примере.

Пример

Дано: 15.05.2002г. $T_M = 19^h 15^m 22^s$, $\lambda = 146^\circ 28,0' W$.

Вычислить: $T_{гр}$, T_c , T_n .

Решение

1. Рассчитывается номер часового пояса

$$N_{\text{з}} = \lambda / 15 = 146^\circ 28,0' / 15 = 10W.$$

2. Переводится угловое значение долготы во временную

$$\lambda = 146^\circ 28,0' W = 09^h 45^m 52^s.$$

3. Составляется схема решения

T_M	LMT		$19^h 15^m 22^s$	15.05
λ_W	Long	+	$09^h 45^m 52^s$	
$T_{гр}$	GMT		$05^h 01^m 14^s$	16.05
$N_{\text{з}W}$	ZD	–	10	
T_n	ST		$19^h 01^m 14^s$	15.05
T_c	ZT		$19^h 01^m$	15.05

Необходимо указывать дату, так как при переводе она может измениться.

Ответ: $T_c = 19^h 01^m$ 15.05,
 $T_{гр} = 05^h 01^m 14^s$ 16.05,
 $T_n = 19^h 01^m 14^s$ 15.05.

2.4. Видимое годовое движение солнца

Приближенные расчеты экваториальных координат Солнца α - *прямое восхождение* (RA - Right Ascension) и δ - *склонение* (DEC - Declination) выполняются способом изменения координат на величину суточных изменений $\Delta\alpha$ и $\Delta\delta$.

Экваториальные координаты Солнца имеют фиксированные значения в дни равноденствия и солнцестояния:

Основные даты	21 марта	22 июня	23 сентября	22 декабря
α	$0,0^\circ$	$90,0^\circ$	$180,0^\circ$	$270,0^\circ$
δ	$0,0^\circ$	$23,5^\circ \text{ N}$	$0,0^\circ$	$23,5^\circ \text{ S}$

Суточные изменения $\Delta\alpha$ и $\Delta\delta$ принимают значения:

$\Delta\alpha = 1,0^\circ$ в сутки - в течение всего года;

$\Delta\delta = 0,4^\circ$ в сутки - 1-ый месяц до и 1-ый месяц после дня равноденствия;

$\Delta\delta = 0,3^\circ$ в сутки - 2-ой месяц до и 2-ой месяц после дня равноденствия;

$\Delta\delta = 0,1^\circ$ в сутки - 1-ый месяц до и 1-ый месяц после дня солнцестояния.

Пример 25/VII вычислить приближенно экваториальные координаты Солнца.

Решение

1. Определяется ближайшая основная дата по таблице: 22 июня (22/VI), где координаты равны $\alpha = 90^\circ$, $\delta = 23,5^\circ \text{ N}$.

2. Находится число суток от заданной даты до основной даты: $\Delta N = 25/\text{VII} - 22/\text{VI} = 33$ суток.

3. Вычисляются изменения координат Солнца за 33 суток

$$\Delta\alpha = 1^\circ \times 33 \text{сут.} = +33^\circ,$$

$\Delta\delta = (0,1^\circ \times 30 \text{сут.}) + (0,3^\circ \times 3 \text{сут.}) = -3,9^\circ$ (знак минус, т.к. после 22/VI δ уменьшается).

4. Результаты записываются в схему и вычисляются координаты

22/VI	δ	$23,5^\circ \text{ N}$	α	90°
за 33 сут.	$\Delta\delta$	$-3,9^\circ$	$\Delta\alpha$	$+33^\circ$
25/VII	δ	$19,6^\circ \text{ N}$	α	123°

Ответ: 25/VII $\delta = 19,6^\circ \text{ N}$, $\alpha = 123^\circ$.

3.ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задачи №№ 61 - 90 решить в трех вариантах. Дата и долгота места являются общими для всех трех вариантов. В варианте А надо найти $T_{гр}$, в варианте Б — $T_m, T_{п}, T_c$, варианте В — $T_{гр}, T_{п}, T_c$. Дополнительные условия даны для каждого варианта А, Б, В.

№	Общие данные		Вар. А	Вар. Б	Вар. В
	Дата	λ	T_c	$T_{гр}$	T_m
61	15/V	120°08,0'W	15 ^ч 40 ^м	3 ^ч 16 ^м 10 ^с	22 ^ч 15 ^м 45 ^с
62	10/VI	80 15,6 W	22 41	5 31 17	6 59 10
63	15/XII	36 17,0 E	6 40	21 18 16	5 40 18
64	30/IX	145 30,6 E	19 16	18 56 10	23 10 16
65	11/III	18 34,6 W	23 40	20 56 40	5 36 15
66	27/II	100 25,8 W	19 56	18 30 35	19 05 36
67	5/V	175 17,5 E	13 48	6 40 30	14 18 49
68	5/IV	167 45,8 E	12 59	16 10 50	21 17 18
69	14/II	97 51,6 W	2 40	2 46 08	3 19 16
70	21/IX	126 31,8 E	8 31	4 15 36	7 17 17
71	1/II	158 31,0 W	21 17	18 31 58	2 58 06
72	31/XI	171 13,8 W	21 29	17 13 58	14 08 58
73	1/I	169 10,6 E	15 10	5 40 13	9 10 13
74	30/IV	139 37,8 W	20 40	19 01 40	20 17 40
75	31/XII	169 59,8 E	6 31	1 21 06	10 12 37
76	17/XI	60 06,8 E	2 58	3 58 40	4 00 05
77	21/II	52 46,1 E	3 17	22 10 40	19 15 45
78	16/III	38 17,1 E	6 39	13 17 48	21 02 15
79	26/VII	22 39,8 W	22 58	23 05 17	17 49 56
80	30/IV	170 30,6 W	19 56	20 40 10	17 00 40
81	1/V	160 05,6 E	13 49	21 00 48	23 40 17
82	26/IX	87 35,6 E	21 40	17 31 48	19 59 59
83	16/X	101 00,8 W	12 39	22 17 59	18 40 30
84	30/VIII	59 40,8 W	22 59	17 10 41	21 49 17
85	21/IX	119 59,4 E	19 59	20 58 59	18 40 36
86	1/I	128 17,0 E	4 39	6 37 58	1 37 58
87	8/VII	39 10,8 W	22 40	22 17 59	20 46 38
88	18/IX	98 17,6 W	20 42	18 30 58	19 39 50
89	15/IV	73 13,8 E	5 41	6 01 10	5 05 05
90	30/I	17 26,8 E	2 58	6 10 12	22 17 15

В задачах №№ 91-120 на заданную дату вычислить экваториальные координаты Солнца α (*прямое восхождение*) и δ (*склонение*).

№	Дата	№	Дата	№	Дата
91	10/V	100	10/V	110	27/II
92	10/XII	101	5/VI	111	11/VIII
93	20/X	102	25/VII	112	5/IV
94	17/XII	103	11/III	113	10/III
95	29/XII	104	25/IX	114	5/XII
96	20/VI	105	12/X	115	11/XI
97	10/II	106	15/I	116	30/IX
98	21/III	107	15/IV	117	1/VI
99	16/IV	108	26/IV	118	13/X
		109	31/III	119	30/IV
				120	1/VIII

4. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Провести текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Параллактический треугольник».
2. Дать определение понятиям сутки, год. Разобрать основы измерения времени.
3. Разобрать принцип счета времени. Разобрать системы счета времени. Решение задач по нахождению времени.
4. Разобрать решение задач по нахождению экваториальных координат Солнца.
4. Выдать задания для самостоятельной работы студентов по решению задач по переводу времени.
5. Выполнить проверку выполнения заданий. Подвести итог по занятию.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Звездное, местное. гринвичское, всемирное, поясное, судовое время.
2. Формулы перевода времени.
3. Среднее время. Уравнение времени.
4. Хранение времени на судне. Хронометр, поправка хронометра. Суточный ход.
5. Линия перемены дат.

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.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5.

МОРСКИЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ПОСОБИЯ, СОДЕРЖАНИЕ, СТРУКТУРА, РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ. НАХОЖДЕНИЕ МЕСТНОГО ЧАСОВОГО УГЛА И СКЛОНЕНИЯ ЗВЕЗДЫ

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Приобретение компетенций согласно таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Компетенции согласно ФГОС ВПО			
ПКС-5. Умение определять место судна и поправки судовых компасов по наблюдениям небесных светил с использованием астрономических ежегодников и мореходных таблиц, а также математических методов и компьютерных программ	—	Нахождение местного часового угла и склонения звезды	Содержание и структура морских астрономических ежегодников
Компетенции согласно Кодексу ПДНВ (Раздел А-II/1. Функция «Судовождение на уровне эксплуатации». Сфера компетентности: «Планирование и осуществление перехода и определение местоположения»)			
К-1. Умение использовать небесные тела для определения места судна	—	Нахождение местного часового угла и склонения звезды	Содержание и структура морских астрономических ежегодников

Объем: 2 академических часа.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Системы счета времени» – 5 мин.
2. Отечественные эфемеридные пособия: МАЕ, МАА – 10 мин.
3. Зарубежные пособия: The nautical almanac, The American nautical almanac, Brown`s nautical almanac – 10 мин.
4. Нахождение местного часового угла и склонения звезды. Порядок выборки табличных значений из пособий – 20 мин.
5. Самостоятельная работа студентов – решение задач по нахождению местного часового угла и склонения звезды – 40 мин.
6. Подведение итогов занятия – 5 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Бланки для вычислений.
4. Морские астрономические ежегодники.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1. Структура и содержание МАЕ и зарубежных пособий.

В настоящее время МАЕ состоит из следующих частей и таблиц:

Содержание (вместо оглавления), где даны указания о расположении материала и назначении таблиц.

§1. *Пояснение к пользованию МАЕ* дает краткое изложение устройства всех таблиц и правил работы с ними.

§2. *Обозначения в МАЕ* дает расшифровку обозначений, принятых в МАЕ.

§3. *Основные соотношения и формулы* указаны основные формулы для решения задач морской астронавигации.

§4. *Всемирное время и гринвичская дата* даны алгоритмы вычислений всемирного времени и гринвичской даты.

§5. *Часовые углы и склонения светил* даны алгоритмы вычислений местного часового угла и склонения звезд, Солнца, Луны и планет.

§6. *Кульминация Солнца, Луны и планет* даны алгоритмы вычислений момента кульминации Солнца, Луны и планеты на заданном меридиане на заданную дату.

§7. *Полудиаметр, горизонтальный экваториальный параллакс и прямое восхождение светил* даны алгоритмы вычислений полудиаметра, горизонтального экваториального параллакса и прямого восхождения светил на заданный момент.

§8. *Полярная* даны алгоритмы вычислений координат и азимута Полярной звезды на заданный момент.

§9. *Восход и заход Солнца и Луны, гражданские и навигационные сумерки* даны алгоритмы вычислений моментов восхода и захода Солнца и Луны, начала утренних и конца вечерних сумерек.

§10. *Использование ежегодника в следующем году.*

§11. *Азимуты восходов и заходов Солнца* дан алгоритм вычислений истинных азимутов.

Ежедневные таблицы (ЕТ) составляют основную часть МАЕ. В ежедневных таблицах (ЕТ) на каждую дату текущего года через один час гринвичского времени ($T_{ГР}$) даны гринвичские часовые углы точки Овна, гринвичские часовые углы и склонения Солнца, Венеры, Марса, Юпитера, Сатурна (левая страница) и Луны (правая страница); приведены моменты местного времени (T_M) для восхода (захода) Солнца и Луны, начала и конца гражданских и навигационных сумерек (правая страница).

На левой странице ЕТ в нижней строке для навигационных планет приведены значения среднего времени кульминации планеты (T_K), прямого восхождения (α) и горизонтального экваториального параллакса (ρ_0).

Здесь же строкой выше даны значения квазиразности часовых углов ($\bar{\Delta}$) и разности склонений (Δ) для Солнца и планет.

Значения квазиразности ($\bar{\Delta}$) и разности (Δ) для Луны даны на правой странице на каждый час $T_{ГР}$.

Справа от названия планеты приведена ее звездная величина.

На каждый день года на правой странице внизу даны моменты среднего времени (T_K) верхней (В) кульминации Солнца, а также верхней (В) и нижней (Н) кульминаций Луны на меридиане Гринвича с точностью до ± 1 мин.

Здесь же, на 0 часов всемирного времени каждого дня приведены значения: видимого полудиаметра (R) Солнца и Луны; горизонтального экваториального параллакса Луны (ρ_0); уравниения времени (η), а также возраст Луны и ее фаза.

Звезды. Видимые места. В этой таблице, на первое число каждого месяца текущего года, даны значения звездного дополнения ($\tau^* = 360^\circ - \alpha^*$) и значения склонения (δ) 160 навигационных звезд.

Также дано среднее годовое значение прямого восхождения (α^*), и звездные величины светил.

Звезды имеют порядковый номер, которым соответствуют собственные имена звезд, и названия созвездий.

Азимут Полярной. В этой таблице по приближенному значению широты места наблюдателя (от $\varphi = 5^\circ N$ через 5° до $\varphi = 70^\circ N$) и значению местного часового угла точки Овна (от $t_m = 0^\circ$ через 5° до $t_m = 360^\circ$), даны значения азимута Полярной звезды в полукруговом счете

Широта по высоте Полярной.

В этих таблицах приведены значения поправок для определения широты

Таблица I $\rightarrow$ по значению местного часового угла точки Овна (t_m) даны значения I поправки;

Таблица II $\rightarrow$ по значению местного часового угла точки Овна (t_m) и значению высоты Полярной (h) даны значения II поправки;

Таблица III $\rightarrow$ по значению местного часового угла точки Овна (t_m) и месяцу текущего года даны значения III поправки.

Приложения. Таблицы поправок.

Основные интерполяционные таблицы (ОИТ) предназначены для нахождения поправок часовых углов и склонений на промежуточные моменты гринвичского времени $T_{ГР}$ (минуты и секунды) для точки Овна, Луны, Солнца и планет.

Таблицы высот и азимутов (ТВА) предназначены для нахождения азимута и высоты светила.

С помощью МАЕ решаются следующие астрономические задачи:

- расчёт часовых углов и склонений светил (LHA, Dec);*
- расчёт времени кульминации, восхода или захода Солнца и Луны (Sunrise, Sunset, Moonrise, Moonset);*
- расчёт времени начала и конца сумерек (Twilight);*
- определение возраста, фазы и параллакса Луны (Age, Phase, HP);*
- определение поправки компаса по Полярной звезде (Polaris);*
- определение широты по высоте Полярной (Polaris);*
- исправление высот светил и приведение их к одному зениту (Altitude correction).*

Основными входными аргументами в МАЕ являются: дата плавания и гринвичское время явления (события).

Все астрономические задачи решаются по стандартным схемам.

Основные формулы для расчётов:

$$LHA_{\gamma} = GHA_{\gamma} \pm Long_{\gamma}^E,$$

$$LHA^* = LHA_{\gamma} + SHA^*,$$

$$LHA^* = GHA_{\gamma} \pm Long_{\gamma}^E + SHA^*,$$

где GHA_t - Greenwich HourAngle;

LHA - Local Hour Angle;

$Long$ – longitude;

SHA - Sidereal Hour Angle.

2.2. Расчет местного часового угла и склонения звезды

Для звёзд задача решается по *стандартной схеме в следующем порядке:*

1. Расчёт по T_C приближённого $T_{ГР}$. и гринвичской даты

$$T_{ГР} = T_C \pm N_{\Sigma}^W E \quad GMT = ZT \pm ZD^W E$$

GMT - Greenwich Mean Time

ZD - Zone description

ZT - Zone Time

2. Расчёт точного $T_{Гр}$ по показаниям хронометра

$$T_{Гр} = T_{Хр} \pm U_{Хр} \quad GMT = CT \pm CE$$

CT - chronometer time
 CE – chronometer error

Если $T_{Гр}$, рассчитанное по $T_{Хр}$ отличается от $T_{Гр}$, рассчитанного по T_c , то к показаниям хронометра следует прибавить 12^c (привести к значению по T_c)

3. Выборка звёздного времени на целый час St (GHA_t)

Гринвичский часовой угол точки Овна (табличный) выбирается из ET (Daily pages) МАЕ на гринвичскую дату и целый час $T_{Гр}$

4. Выборка поправки к звёздному времени за минуты и секунды ΔS ($Incr.$)

Поправка выбирается из ИТ (increment and correction) на минуты и секунды $T_{Гр}$ (GHA)

$Incr.$ - Increment

5. Расчёт гринвичского звёздного времени (гринвичского часового угла точки Овна)

$$S_{Гр} = St + \Delta S \quad GHA = GHA_t + Incr.$$

6. Расчёт местного звёздного времени (местного часового угла т. Овна)

$$S_M = S_{Гр} \pm \lambda_w^E \quad LHA\gamma = GHA\gamma \pm Long_w^E$$

7. Выборка звёздного дополнения и склонения τ^* (SHA), δ (Dec)

Dec – Declination

8. Расчёт местного часового угла звезды

$$t_M = S_M + \tau^* \quad LHA^* = LHA\gamma + SHA^*$$

9. Перевод полученного обыкновенного часового угла в практический. Местный часовой угол звезды (практический часовой угол $< 180^\circ$)

Если $0^\circ < t_M < 180^\circ$, то остается t_{MW}

Если $t_M > 360^\circ$, то $t_M - 360^\circ$ остается t_{MW}

Если $180^\circ < t_M < 360^\circ$, то $360^\circ - t_M$, получаем t_{ME}

Порядок выполнения расчетов рассмотрим на примере:

Пример

1/ IX -2002 г. В $T_c = 19^h 35^m$ в долготе $\lambda = 148^\circ 30,5' W$ наблюдали звезду α Гидры (Альфард) момент по хронометру $T_{Хр} = 5^h 37^m 43^s$, поправка хронометра $U_{Хр} = -2^m 15^s$. Вычислить t_M и δ .

Решение

На стр.320 в МАЕ в списке звезд по алфавиту созвездий находим, что у α Гидры № 65 (Alphard – № 25 по Nautical Almanac).

Схема решения задачи:

T_c	ZT	19^h35^m	1.09	T_{xp}	CT	$5^h37^m43^s$	Время по хронометру
$N_{\Sigma W}$	ZD	+10		U_{xp}	CE	-2^m15^s	Поправка хронометра
$T_{гр}$	UTC (GMT)	05^h35^m	2.09	$T_{гр}$	UTC (GMT)	$5^h35^m28^s$	$T_{гр} = T_{xp} + U_{xp}$ Время на гринвичском меридиане. Если $T_{гр}$ по хронометру отличается от $T_{гр}$ по T_c то $T_{гр} \pm 12$
$GMT = ZT \pm ZD$				S_T	GHA_t	$56^{\circ}10,5'$	Гринвичский часовой угол точки Овна (табличный) выбирается из ЕТ МАЕ на гринвичскую дату и целый час $T_{гр}$
				ΔS	$Corr.$	$8^{\circ}53,5'$	Поправка выбирается из ИТ на минуты и секунды $T_{гр}$
				$S_{гр}$	GHA_{γ}	$65^{\circ}04,0'$	$S_{гр} = S_T + \Delta S$ Гринвичский часовой угол точки Овна (звездное время)
				λ_W	$Long$	$148^{\circ}30,5'$	Долгота судна
$LHA_{\gamma} = GHA_{\gamma} \pm \lambda_W^E$				S_M	LHA_{γ}	$276^{\circ}33,5'$	$S_M = S_{гр} \pm \lambda_W^E$ Местный часовой угол точки Овна (местное звездное время)
				τ^*	SHA	$218^{\circ}04,8'$	Звездное дополнение. Выбирается из ЕТ МАЕ по номеру звезды
$LHA^* = LHA_{\gamma} + SHA^*$				t_{MW}	LHA^*	$494^{\circ}38,3'$	$t_M = S_M + \tau^*$ Местный часовой угол звезды (практический часовой угол $< 180^{\circ}$) Если $0^{\circ} < t_M < 180^{\circ}$, то остается t_{MW} Если $t_M > 360^{\circ}$, то $t_M - 360^{\circ}$ остается t_{MW} Если $180^{\circ} < t_M < 360^{\circ}$, то $360^{\circ} - t_M$, получаем t_{ME}
				t_{MW}	LHA^*	$134^{\circ}38,3'$	
				δS	Dec	$8^{\circ}40,0'$	Склонение. Выбирается из ЕТ МАЕ по номеру звезды

Ответ: $t_M = 134^{\circ}38,3' W$; $\delta = 8^{\circ}40,0' S$.

3. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Провести текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Перевод времени».
2. Разобрать структуру и содержание морских астрономических ежегодников
3. Разобрать порядок нахождения местного часового угла и склонения звезды.
4. Выдать задания для самостоятельной работы студентов по решению задач по нахождению местного часового угла и склонения звезды.
5. Выполнить проверку выполнения заданий. Подвести итог по занятию.

4. ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

В задачах №№ 121-150 вычислить местный часовой угол и склонение звезд

№	Дата	T_c	λ	T_{xp}	U_{xp}	Название звезды
1	2	3	4	5	6	7
121	7/ II	19 ^h 09 ^m	45°30,6'E	4 ^h 11 ^m 30 ^s	-2 ^m 11 ^s	α Орла
122	15/ III	20 09	136 42,0 W	5 07 18	+2 01	Спика
123	2/ IX	5 35	148 36,1 E	7 45 29	-10 14	α Арго
124	21/XI	1 46	139 57,2 W	10 51 54	-5 37	α Девы
125	22/XI	5 09	36 20,1 W	6 53 42	+15 27	Арктур
126	2/IX	4 35	116 46,5 E	8 32 35	+2 42	α Эридана
127	14/III	18 35	158 39,7 W	5 32 26	+2 50	Арктур
128	2/IX	2 42	40 31,8 W	5 33 52	+8 21	Сириус
129	15/III	20 21	31 28,6 W	10 15 58	+6 01	α Змееносца
130	2/IX	6 46	130 15,8 E	10 08 35	-22 17	α Центавра
131	3/ IX	19 18	113 52,0 E	11 48 56	-30 16	α Возничего
132	14/III	7 09	50 03,2 W	11 00 55	-51 42	α Орла
133	22/XI	5 21	161 28,8 E	6 20 04	+1 10	α Эридана
134	22/XI	17 18	17 21,7 E	4 28 44	-10 08	Вега
135	6/II	5 21	116 25,2 W	1 11 20	+10 01	Альферас
136	1/IX	16 46	129 18,3 W	2 01 23	-15 10	Сириус
137	23/XI	4 46	63 11,7 E	0 51 13	-5 04	Альфакка
138	7/II	6 21	162 38,8 E	7 27 24	-6 21	α Павлина
139	2/IX	5 42	2 45,6 W	5 34 30	+8 11	Менкар
140	2/IX	5 46	113 40,7 E	9 54 16	-8 15	Регул
141	22/XI	6 46	132 59,8 E	9 40 15	+6 01	α Орла
142	7/II	19 13	171 41,5 W	6 10 08	+3 10	α Гидры
143	7/II	17 35	51 19,9 E	2 42 12	-6 21	α Волопаса
144	23/XI	3 09	150 50,8 E	5 14 20	-4 23	Альтаир
145	2/IX	18 13	3 02,8 E	6 13 27	-0 19	α Ю.Рыбы
146	14/ III	5 09	48 15,6 W	8 02 53	+6 17	α Павлина
147	1/IX	5 21	47 13,8 W	8 13 06	+8 23	β Ориона
148	6/II	18 35	139 17,8 W	3 47 33	- 12 19	Сириус
149	15/III	5 21	83 36,1 E	11 19 23	+2 12	α Лебедя
150	7/II	2 18	22 16,4 W	3 17 13	+1 18	Мирфак

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Звездное, местное. гринвичское, всемирное, поясное, судовое время.
2. Формулы перевода времени.
3. Среднее время. Уравнение времени.
4. Хранение времени на судне. Хронометр, поправка хронометра. Суточный ход.
5. Линия перемены дат.

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.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6.

НАХОЖДЕНИЕ МЕСТНОГО ЧАСОВОГО УГЛА И СКЛОНЕНИЯ СОЛНЦА, ЛУНЫ, ПЛАНЕТ

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Приобретение компетенций согласно таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Компетенции согласно ФГОС ВПО			
ПКС-5. Умение определять место судна и поправки судовых компасов по наблюдениям небесных светил с использованием астрономических ежегодников и мореходных таблиц, а также математических методов и компьютерных программ	—	Нахождение местного часового угла и склонения Солнца, Луны, планет	Содержание и структура морских астрономических ежегодников
Компетенции согласно Кодексу ПДНВ (Раздел А-П/1. Функция «Судовождение на уровне эксплуатации». Сфера компетентности: «Планирование и осуществление перехода и определение местоположения»)			
К-1. Умение использовать небесные тела для определения места судна	—	Нахождение местного часового угла и склонения Солнца, Луны, планет	Содержание и структура морских астрономических ежегодников

Объем: 2 академических часа.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Нахождение местного часового угла и склонения звезд» – 10 мин.
2. Нахождение местного часового угла и склонения Солнца, Луны, планет. Порядок выборки табличных значений из пособий – 20 мин.
3. Самостоятельная работа студентов – решение задач по нахождению местного часового угла и склонения звезды – 50 мин.
4. Подведение итогов занятия – 10 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Бланки для вычислений.
4. Морские астрономические ежегодники.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1. Расчет местного часового угла и склонения солнца, луны и планет

С помощью МАЕ расчет экваториальных координат - местного часового угла t_M и склонения δ для Солнца, Луны и планет выполняется по одной схеме, которая реализует следующие соотношения:

МАЕ

$$\begin{aligned} t_{gp} &= t_T + \Delta t_1 + \Delta t_2, \\ t_M &= t_{gp} \pm \lambda_W^E, \\ \delta &= \delta_T + \Delta \delta, \end{aligned}$$

Nautical Almanac

$$\begin{aligned} GHA &= GHA_t + \text{Corr} + v \text{ Corr}, \\ LHA &= GHA \pm \text{Long}_W^E, \\ Dec &= Dec_t + d \text{ Corr}, \end{aligned}$$

где – t_{gp} (GHA Greenwich Hour Angle) - гринвичский часовой угол светила;

t_T (GHA_t) - гринвичский часовой угол светила на целое число часов гринвичского времени;

Δt_1 (Corr.) - интерполяционная поправка гринвичского часового угла светила за минуты и секунды гринвичского времени;

Δt_2 ($v \text{ Corr.}$) - интерполяционная поправка гринвичского часового угла светила по квазиразности $\Delta^-(v)$ за минуты гринвичского времени;

λ (Long) - долгота меридиана места судна;

δ (Dec) - склонение светила на целое число часов гринвичского времени;

$\Delta \delta$ ($d \text{ Corr.}$) - интерполяционная поправка склонения светила по разности Δ (d) за минуты гринвичского времени.

Ход решения задачи рассмотрим на примере.

Пример

15.03.2002 г. в $T_c = 10^h 47^m$ судно находилось в точке с координатами $\varphi_c = 31^\circ 18,0'N$; $\lambda_c = 141^\circ 27,3'W$.

Показания хронометра $T_{xp} = 07^h 49^m 20^s$; поправка хронометра $U_{xp} = -2^m 30^s$.

Рассчитать местный часовой угол t_M и склонение δ Солнца, Луны и Марса.

Решение

1. Определяется дата на Гринвиче и приближенное значение гринвичского времени по судовому

$$T_{гр} = T_c \pm \lambda_E^W, \quad GMT = ZT \pm ZD_E^W.$$

2. Определяется точное значение гринвичского времени по показаниям хронометра

$$T_{гр} = T_{xp} + U_{xp}, \quad GMT = CT \pm CE.$$

Если $T_{гр}$, рассчитанное по $T_{хр}$ отличается от $T_{гр}$, рассчитанного по T_c , то к показаниям хронометра следует прибавить 12^h (привести к значению по T_c)

3. Осуществляется вход в МАЕ по аргументам:

- найденное значение гринвичской даты;
- точное значение гринвичского времени наблюдения $T_{гр}$, определенное показаниям хронометра $T_{хр}$ и его поправке $U_{хр}$;
- наименование светила (номер светила).

В ежедневных таблицах, на целое число часов гринвичского времени выбирается t_T (GHA_t), δ_T (Dec_t). Кроме того выбираются: $\Delta(v)$ и $\Delta(d)$ - разность и квазиразность.

4. Из интерполяционных таблиц выбираются поправки для часового угла Δt_1 и Δt_2 и для склонения $\Delta \delta$.

Производится расчет гринвичского часового угла (GHA) и склонения (Dec)

$$t_{гр} = t_T + \Delta t_1 + \Delta t_2 ,$$

$$\delta = \delta_T + \Delta \delta .$$

5. Производится расчет местного часового угла (LHA)

$$t_m = t_{гр} \pm \lambda_w^E , \quad LHA = GHA \pm Long_w^E .$$

6. Полученное значение местного часового угла представляется в практическом счете.

Практический часовой угол $< 180^\circ$

Если $0^\circ < t_m < 180^\circ$, то остается t_{mw} .

Если $t_m > 360^\circ$, то $t_m - 360^\circ$ остается t_{mw} .

Если $180^\circ < t_m < 360^\circ$, то $360^\circ - t_m$, получится t_{mE} .

Расчет выполняется по типовой схеме:

Расчет по МАЕ			Солнце	Луна	Марс
T_c	10^h47^m	15.03	T_{xp}	$07^h49^m20^c$	$07^h49^m20^c$
$N_{\odot W}$	+9		U_{xp}	-2^m30^c	-2^m30^c
T_{gp}	19^h47^m	15.03	T_{gp}	$19^h46^m50^c$	$19^h46^m50^c$
ЕТ по часам на 19^h			t_T	$102^\circ46,9'$	$60^\circ46,2'$
ИТ по мин. сек на 46^m50^c			$+\Delta t_1$	$+11^\circ41,7'$	$+11^\circ41,7'$
ИТ по Δ^- для 46^m			$+\Delta t_2$	$+0,9'$	$+1,4'$
			t_{TP}	$114^\circ29,5'$	$72^\circ29,3'$
			$-\lambda_W$	$-141^\circ27,3'$	$-141^\circ27,3'$
Обыкновенный счет			t_{MW}	$333^\circ02,2'W$	$291^\circ02,0'W$
Практический счет			t_{ME}	$26^\circ57,8'E$	$68^\circ58,0'E$
ЕТ по часам на 19^h			δ	$1^\circ58,9'S$	$15^\circ12,7'N$
ИТ по Δ для 46^m			$\Delta\delta$	$-0,7'$	$+0,5'$
			δ	$1^\circ58,2'S$	$15^\circ13,2'N$

Расчет по NA			SUN	MOON	MARS
ZT	10^h47^m	15.03	CT	$07^h49^m20^s$	$07^h49^m20^s$
ZD	+9		CE	-2^m30^s	-2^m30^s
UTC (GMT)	19^h47^m	15.03	UTC (GMT)	$19^h46^m50^s$	$19^h46^m50^s$
Daily pages			GHA_t	$102^\circ46,9'$	$60^\circ46,2'$
Increments for 46^m50^s			$Corr.$	$+11^\circ42,5'$	$+11^\circ42,5'$
v corrections for 46^m			v Corr	-	$+0,6'$
Sum for March $15^d19^h46^m50^s$			GHA	$114^\circ29,4'$	$72^\circ29,3'$
Longitude (west -)			$Long_W$	$-141^\circ27,3'$	$-141^\circ27,3'$
			LHA	$333^\circ02,1'W$	$291^\circ02,0'W$
			LHA	$26^\circ57,9'E$	$68^\circ58,0'E$
Daily pages			Dec	$1^\circ58,9'S$	$15^\circ12,7'N$
d corrections for 46^m			d Corr	$-0,8'$	$+0,5'$
			Dec	$1^\circ58,1'S$	$15^\circ13,2'N$

Ответ: Солнце $t_M = 26^\circ57,8'E$, $\delta = 1^\circ58,2'S$.

Луна $t_M = 46^\circ09,6'E$, $\delta = 1^\circ14,4' N$.

Марс $t_M = 68^\circ58,0'E$, $\delta = 15^\circ13,2'N$.

SUN $LHA = 26^\circ57,9'E$, $Dec = 1^\circ58,1'S$.

MOON $LHA = 46^\circ09,6'E$, $Dec = 1^\circ14,4' N$.

MARS $LHA = 68^\circ58,0'E$, $Dec = 15^\circ13,2'N$.

3.ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

В задачах №№ 151-180 вычислить местный часовой угол и склонение светил

№	Дата	T_c	λ °	Светила	$T_{ч м с}^{хр}$	$U_{м с}^{хр}$
151	01/09	20.09	126 15,9 W	☉, ☾, ♀	04 15 13	-6 01
152	14/03	21.13	153 17,5 W	☉, ☾, ♂	07 23 45	-10 23
153	06/02	16.18	161 34,5 W	☉, ☾, ♀	03 22 34	-4 08
154	21/11	17.21	134 52,7 W	☉, ☾, ♀	02 23 12	-1 50
155	02/09	18.35	25 14,9 E	☉, ☾, ♀	04 31 32	+3 38
156	15/03	19.38	52 18,5 E	☉, ☾, ♂	04 29 36	+8 32
157	07/02	20.42	62 35,5 W	☉, ☾, ♀	00 43 27	-1 03
158	22/11	04.46	35 53,7 W	☉, ☾, ♀	06 45 25	+0 44
159	03/09	05.09	126 16,9 E	☉, ☾, ♀	09 10 14	-1 02
160	16/03	06.13	153 18,5 E	☉, ☾, ♂	08 11 43	+1 37
161	08/02	07.18	160 35,5 E	☉, ☾, ♀	08 15 35	+2 40
162	23/11	08.21	133 53,7 E	☉, ☾, ♀	11 20 10	+1 02
163	01/09	03.35	143 17,5 W	☉, ☾, ♀	01 32 47	+2 27
164	14/03	04.38	171 34,5 W	☉, ☾, ♂	03 45 27	-7 00
165	06/02	05.42	144 52,7 W	☉, ☾, ♀	03 44 13	-1 49

№	Дата	T _c	λ °	Светила	T _{хр} ч м с	U _{хр} м с
166	21/11	20.47	53 27,5 W	☉,♄,♀	00 45 32	+1 14
167	02/09	19.10	61 44,5 W	☉,♄,♂	11 12 46	-2 53
168	15/03	18.14	34 52,7 W	☉,♄,♂	08 16 30	-2 53
169	07/02	17.19	50 17,5 W	☉,♄,♂	08 11 37	+7 04
170	22/11	16.22	161 34,5 W	☉,♄,♀	03 25 46	-4 01
171	03/09	17.36	134 52,7 E	☉,♄,♂	08 30 20	+5 16
172	16/03	18.39	155 07,5 E	☉,♄,♂	08 36 33	+2 05
173	08/02	19.43	161 24,5 E	☉,♄,♂	08 40 50	+2 05
174	23/11	20.43	134 42,7 E	☉,♄,♀	11 46 23	-3 26
175	01/09	21.47	153 07,5 W	☉,♄,♂	07 51 26	-4 46
176	14/03	18.10	62 34,5 W	☉,♄,♂	10 17 23	-7 41
177	06/02	20.22	35 52,7 W	☉,♄,♂	10 25 41	-4 02
178	21/11	17.36	54 17,5 W	☉,♄,♀	09 33 44	+2 12
179	02/09	19.39	62 34,5 W	☉,♄,♂	11 37 52	+0 57
180	15/03	18.43	35 52,7 W	☉,♄,♂	08 41 47	+0 55

(Марс ♂; Юпитер ♃; Сатурн ♄; Венера ♀).

4. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Провести текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Морские астрономические ежегодники».
2. Разобрать порядок нахождения местного часового угла и склонения Солнца, Луны, планет.
3. Выдать задания для самостоятельной работы студентов по решению задач по нахождению местного часового угла и склонения светил.
4. Выполнить проверку выполнения заданий. Подвести итог по занятию.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Нахождение местного часового угла и склонения Солнца, Луны, планет.
2. Порядок выборки табличных значений из пособий.
3. Сравнительные особенности таблиц.
4. Разность и квазиразность.
5. Обыкновенный и практический часовой угол.

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.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7.

РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ВОСХОДА, ЗАХОДА, КУЛЬМИНАЦИИ СОЛНЦА И ЛУНЫ, НАЧАЛА (КОНЦА) НАВИГАЦИОННЫХ СУМЕРЕК. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОСВЕЩЕННОСТИ ДЛЯ УЧАСТКА ПЕРЕХОДА

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Приобретение компетенций согласно таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Компетенции согласно ФГОС ВПО			
ПКС-5. Умение определять место судна и поправки судовых компасов по наблюдениям небесных светил с использованием астрономических ежегодников и мореходных таблиц, а также математических методов и компьютерных программ	—	Расчет времени восхода и захода Солнца, Луны, начала и конца сумерек	Сумерки, кульминация, восход, заход светил
Компетенции согласно Кодексу ПДНВ (Раздел А-II/1. Функция «Судовождение на уровне эксплуатации». Сфера компетентности: «Планирование и осуществление перехода и определение местоположения»)			
К-1. Умение использовать небесные тела для определения места судна	—	Расчет времени восхода и захода Солнца, Луны, начала и конца сумерек	Сумерки, кульминация, восход, заход светил
К-9. Умение определять поправки giro- и магнитных компасов с использованием средств мореходной астрономии и учитывать эти поправки	—	Расчет времени восхода и захода Солнца, Луны, начала и конца сумерек	Сумерки, кульминация, восход, заход светил

Объем: 2 академических часа.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Расчет часового угла и склонения светил» – 10 мин.
2. Сумерки, кульминация, восход, заход светил – 20 мин.
3. Расчет времени восхода и захода Солнца, Луны, начала и конца сумерек – 30 мин.
4. Расчет освещенности на переход – 20 мин.
5. Подведение итогов занятия – 10 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Калькуляторы.
4. Морские астрономические ежегодники.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1. Кульминация светила

Кульминацией светила называется точка пересечения центром светила меридиана наблюдателя. Если светило находится на полуденной части меридиана наблюдателя, то его кульминация называется верхней, а если на полуночной – нижней.

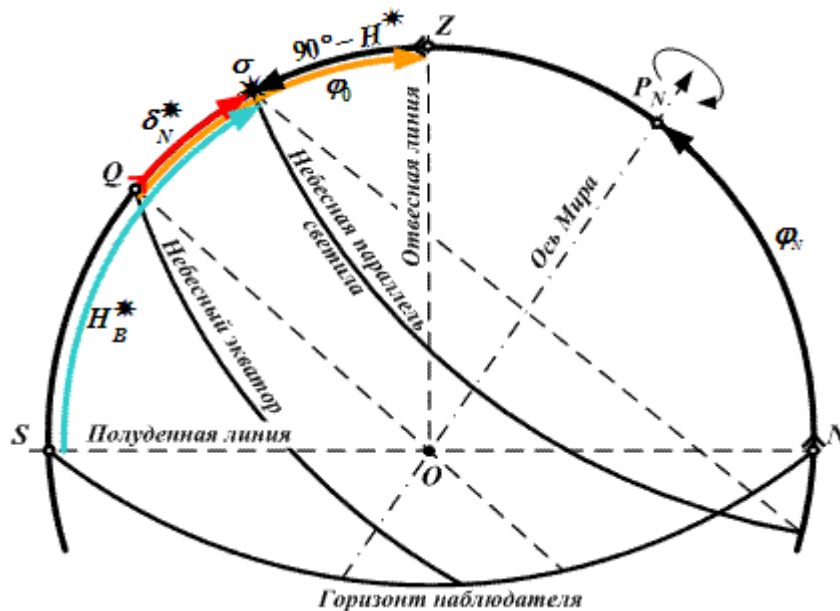


Рисунок 7.1. – Кульминация светила

Истинным *восходом* светила называется точка пересечения центром светила восточной части истинного горизонта, а истинным *заходом* – точка пересечения его западной части.

Видимым восходом Т восх. (заходом Т зах.) Солнца называется момент появления (исчезновения) верхнего края Солнца относительно видимого горизонта.

В астрономических ежегодниках приводятся данные видимого восхода (захода) светила (Солнце, Луна).

С высотой плотность воздуха убывает.

Атмосферная рефракция — явление *искривления* световых лучей при прохождении света через атмосферу.

В результате атмосферной рефракции мы видим Луну, Солнце и другие звезды несколько выше того места, где они находятся на самом деле.

В тот момент, когда мы видим, что нижний край светила коснулся линии горизонта, на самом деле солнечный диск находится уже под горизонтом

2.2. Освещенность морского горизонта

Освещенность морского горизонта в общем случае зависит от времени нахождения Солнца в надгоризонтной части небосклона.

Для того чтобы определить сроки для астрономических наблюдений звезд навигационным секстаном, необходимо знать время восхода (захода) Солнца и длительность сумерек, в течение которых и звезды, и морской горизонт визуально наблюдаются одновременно.

Сумерки — часть суток после заката и перед восходом Солнца, в течение которого Солнце находится за горизонтом и невидимо, но видны признаки заката (рассвета), обусловленные рассеянием солнечного света в верхних слоях атмосферы Земли. Поверхность Земли в этот период освещается рассеянным светом и не полностью освещена.

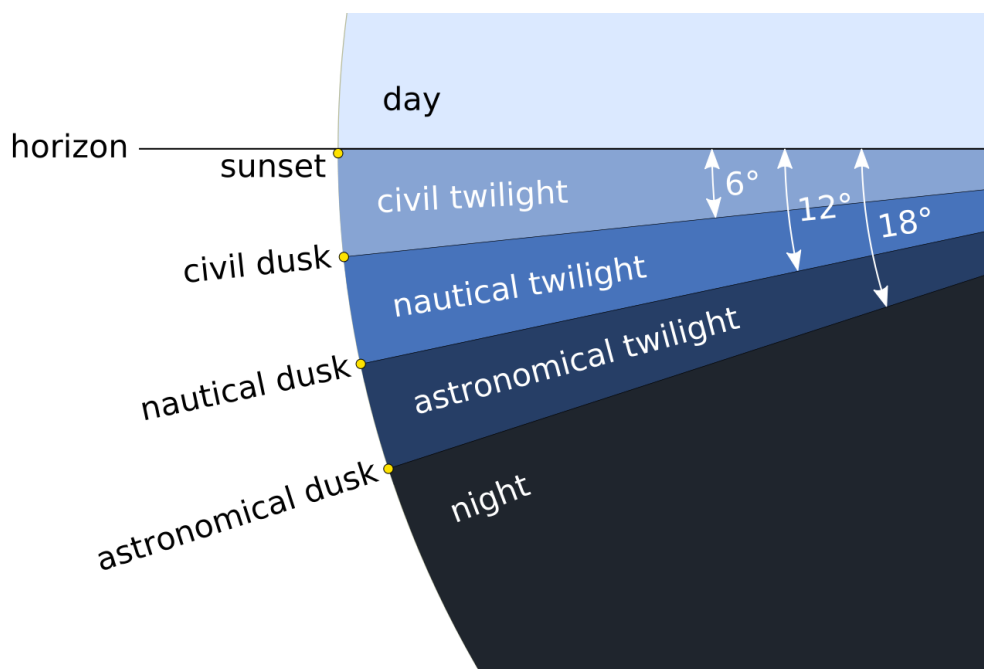


Рисунок 7.2. – Сумерки

Гражданскими сумерками называется промежуток времени от захода (до восхода) Солнца $h = 0^\circ$ до (от подъема) снижения его центра на высоту $h = -6^\circ$.

Конец гражданских сумерек характеризуется хорошей видимостью горизонта и появлением ярких звезд, высота которых больше $60^\circ - 70^\circ$.

Навигационными сумерками называется промежуток времени изменения высоты Солнца от $h = -6^\circ$ до $h = -12^\circ$ (утром наоборот).

Конец навигационных сумерек характеризуется видимостью всех звезд, а горизонт уже не виден.

Астрономические сумерки — период времени после заката и перед восходом Солнца, в течение которого Солнце находится на высоте от -12° до -18° над уровнем горизонта.

Продолжительность сумерек зависит от широты места наблюдателя.

В высоких широтах, суточная параллель Солнца более пологая к горизонту и сумерки длятся дольше, чем в низких широтах, в которых суточная параллель Солнца располагается более круто к горизонту.

Именно этим объясняется тот факт, что на Черном море время сумерек незначительно, тогда как на Балтике сумерки продолжаются довольно значительное время.

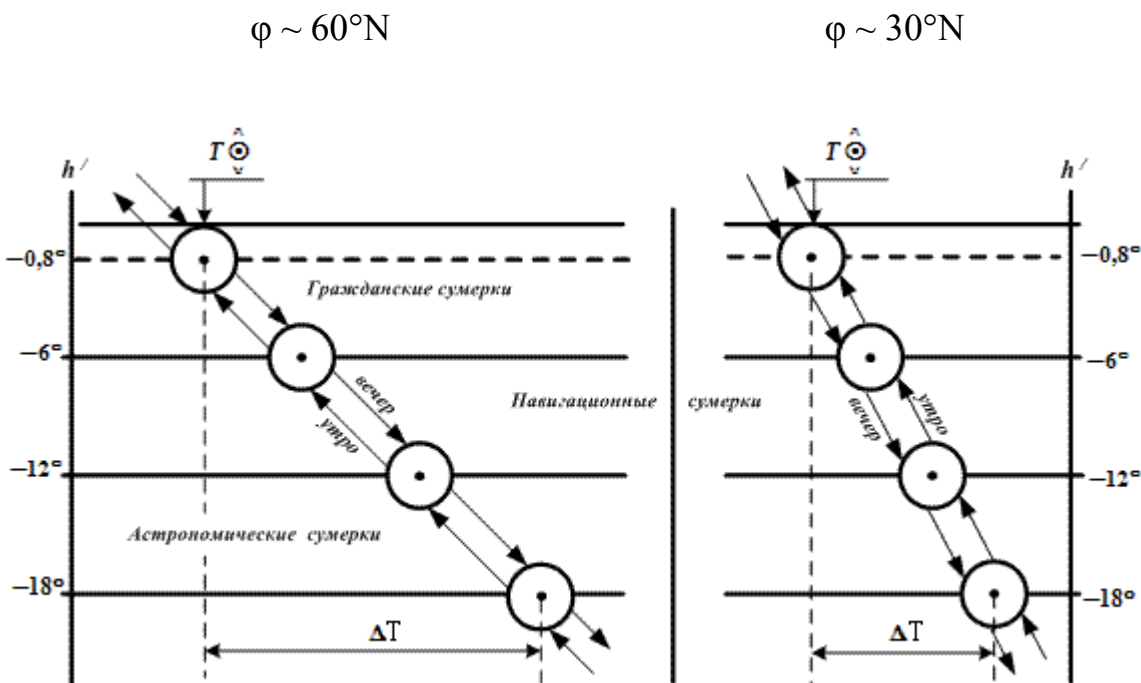


Рисунок 7.3. – Продолжительность сумерек

Измерение высот звезд навигационным секстаном планируется на время навигационных сумерек.

Из практики установлено, что после захода Солнца до достижения его центром снижения $h' = -3^\circ$ навигационные звезды еще не наблюдаются визуально (кроме наиболее ярких), а при снижении $h' = -9^\circ$ визуально не наблюдается горизонт.

Поэтому *наиболее благоприятным периодом измерения высот* звезд навигационным секстаном является промежуток времени, в течение которого снижение центра Солнца изменяется в пределах от -3° до -9° (вечером) или от -9° до -3° (утром).

2.3. Алгоритм выполнения расчета:

1. Из ежедневных таблиц МАЕ (NA) на заданную дату выбираем момент явления T для значения табличной широты, *ближайшей меньшей* к заданной широте. При этом находим разность Δ (величину и знак) между моментом для последующей большей табличной широты и выбранным моментом.

Момент восхода или захода Солнца и разность Δ находятся непосредственно из ЕТ, если заданная дата совпадает со средней датой трехсуточного интервала. В случае несовпадения этих дат, используются суточные изменения. Моменты начала и конца сумерек выбираются всегда на среднюю дату трехсуточного интервала без интерполяции на заданную дату.

2. Из таблицы «Поправка за широту» (Table 1 – for latitude) находим поправку ΔT_ϕ к выбранному моменту за изменение широты. Аргументами для входа в таблицу служат: величина найденной разности моментов Δ и разность широт $\Delta\phi$ между значениями заданной широты и ближайшей меньшей табличной широты, для которой выбран соответствующий момент (T). С этой разностью $\Delta\phi$ следует входить в одну из трех строк аргумента таблицы – соответственно интервалу 10° , 5° и 2° , между которыми производится интерполирование.

Найденная поправка ΔT_ϕ берется с тем знаком, который имеет величина Δ .

3. Из таблицы «Поправка за долготу» (Table 1 – for longitude) находим поправку ΔT_λ к выбранному моменту соответственно долготе места. В этой таблице аргументами служат: заданная долгота λ и суточные изменения (сут.изм.). Суточное изменение находится интерполяцией в уме. Для Луны суточное изменение необходимо выбирать, работая с предшествующей датой (слева), если долгота восточная, и с последующей датой (справа), если долгота западная.

Для сумерек данной поправкой пренебрегают.

4. Исправив T поправкой за широту ΔT_ϕ , и долготу ΔT_λ , получаем $T_m = T + \Delta T_\phi + \Delta T_\lambda$ - местное время явления в заданной точке.

5. Переход от полученного местного времени к судовому выполняется по формуле

$$T_c = T_m \pm \lambda^w_E \pm N^E_w$$

Знаки в формуле выбираются по правилу «к востоку времени больше».

Пример:

01.09.2002г. для точки, с координатами $\varphi_c = 46^\circ 30,2'N$; $\lambda_c = 130^\circ 46,1'E$ рассчитать судовое время начала навигационных сумерек, видимого восхода Солнца, Луны.

Решение:

Расчет выполняется по стандартной схеме :

МАЕ	NA	ННС Naut. Twilling	Восход Солнца Sunrise	Восход Луны Moonrise
T	LMT for Lat $N45^\circ$	4 ^h 16 ^m 02.09	5 ^h 23 ^m 02.09	23 ^h 32 ^m 01.09
сут изм		нет	- 1 ^m	нет
T		4 ^h 16 ^m 01.09	5 ^h 22 ^m 01.09	23 ^h 32 ^m 01.09
$\Delta T\varphi$	Lat corr. to $N 46^\circ 30,2'$ р. xxxii Table I	- 5 ^m (-15 ^m)	- 2 ^m (-7 ^m)	- 7 ^m (-25 ^m)
$\Delta T\lambda$	Long corr. р. xxxii Table II	-	-	- 16 ^m (-45 ^m)
T _м	Correct LMT	4 ^h 11 ^m 01.09	5 ^h 20 ^m 01.09	23 ^h 09 ^m 01.09
λ_E	Long p. i	- 8 ^h 43 ^m	- 8 ^h 43 ^m	- 8 ^h 43 ^m
T _{гр}	UTC (GMT)	19 ^h 28 ^m 31.08	20 ^h 37 ^m 31.08	14 ^h 26 ^m 01.09
N^E_E	ZD	+9 E	+9 E	+9 E
T _с	ZT	4 ^h 28 ^m 01.09	5 ^h 37 ^m 01.09	23 ^h 26 ^m 01.09

Кульминация

T _к	Mer. Pass.		11 ^h 59 ^m 02.09	Из ежедневных таблиц МАЕ (NA) на заданную дату выбирается значение времени T _к верхней кульминации Солнца
$\Delta T\lambda$	Corr. р. xxxii Table II			Интерполяционная поправка за долготу места. Выбор поправки производят из таблицы “поправка за долготу”. Для Солнца и планет данной поправкой пренебрегают ввиду ее незначительности
T _м	LMT		11 ^h 59 ^m 02.09	Значение местного времени T _м кульминации Солнца
λ_E	Long р. i Table	-	02 ^h 26 ^m	Долгота судна во временной мере. Перевод производится по таблице «Перевод градусной величины...»
T _{гр}	UTC (GMT)		09 ^h 33 ^m 02.09	Значение гринвичского времени T _{гр} кульминации Солнца на гринвичском меридиане
N^E_E	ZD	+	2	Номер часового пояса
T _с	ZT		11 ^h 33 ^m 02.09	Значение судового времени T _с кульминации Солнца в часовом поясе, в котором находится судно

2.4. Методика расчета освещенности для участка перехода

1. На линии предварительного пути наносятся моменты начала суток по судовому времени с учетом перевода часов, соответствующие им даты и времени на Гринвиче. Для полудня, на $T_c = T_n = 12^h00^m$ каждых суток, определяются, по счислению, координаты (широта, долгота, гринвичская дата) с точностью до градуса, которые в первом приближении можно считать координатами на T_m .
2. По предвычисленным широтам и гринвичским датам из МАЕ (Nautical Almanac) выбираются моменты местного времени наступления восхода и захода Солнца, Луны, начала и конца навигационных сумерек (T_m).
3. Рассчитывается судовое время (T_c) моментов наступления явлений.
4. Для этого времени предвычисляются координаты на каждый такой момент и наносятся на линию пути условными знаками.

3. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Провести текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Нахождение местного часового угла и склонения светил».
2. Разобрать порядок нахождения судового времени восхода, захода и кульминации светил.
3. Разобрать порядок нахождения судового времени начала и конца сумерек.
4. Разобрать порядок расчета освещенности на переход.
5. Подвести итог по занятию.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Порядок расчета времени восхода, захода, кульминации Солнца и Луны, начала (конца) навигационных сумерек.
2. Поправка за широту, порядок выборки из таблицы.
3. Поправка за долготу, порядок выборки из таблицы.
4. Перевод долготы из градусной меры во временную.
5. Астрономические, навигационные и гражданские сумерки, моменты наступления явлений.
6. Кульминация, восход и заход Солнца.
7. Кульминация, восход и заход Луны.
8. Расчет освещенности для участка перехода, условные обозначения на МНК.

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.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8.

ПОДБОР СВЕТИЛ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИМЕНОВАНИЙ СВЕТИЛ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗВЁЗДНОГО ГЛОБУСА И STAR FINDER

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Приобретение компетенций согласно таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Компетенции согласно ФГОС ВПО			
ПКС-5. Умение определять место судна и поправки судовых компасов по наблюдениям небесных светил с использованием астрономических ежегодников и мореходных таблиц, а также математических методов и компьютерных программ	—	Подбор светил для наблюдений, опознавание светил	Основные созвездия, яркие светила. Устройство звездного глобуса
Компетенции согласно Кодексу ПДНВ (Раздел А-II/1. Функция «Судовождение на уровне эксплуатации». Сфера компетентности: «Планирование и осуществление перехода и определение местоположения»)			
К-1. Умение использовать небесные тела для определения места судна	—	Подбор светил для наблюдений, опознавание светил	Основные созвездия, яркие светила. Устройство звездного глобуса
К-9. Умение определять поправки гиро- и магнитных компасов с использованием средств мореходной астрономии и учитывать эти поправки	—	Подбор светил для наблюдений, опознавание светил	Основные созвездия, яркие светила. Устройство звездного глобуса

Объем: 2 академических часа.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Сумерки, восход, заход светил» – 10 мин.
2. Звездный глобус, устройство, установка – 20 мин.
3. Star Finder устройство, установка – 20 мин.
4. Подбор светил для наблюдения, критерии – 20 мин.
5. Опознавание светил – 10 мин.
6. Подведение итогов занятия – 10 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.

2. Мультимедиа проектор.
3. Калькуляторы.
4. Звездный глобус, Star Finder.
5. Тематический плакат.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1. Установка звездного глобуса по широте и по звездному местному времени наблюдателя

Положение небесной сферы, со всеми светилами на ней, зависит от широты места наблюдателя и момента времени. Поэтому глобус перед решением задач надо установить по широте места наблюдателя (φ) и звездному местному времени $S_M(t_M)$.

Пример:

9 сентября 2001 года в $T_c=18^h31^m$, находясь в счислимых координатах: $\varphi=35^\circ 05,0' S$; $\lambda=49^\circ 25' W$, наблюдали светило на высоте $h=22^\circ$ по пеленгу $ИП=111^\circ$. Установить ЗГ и опознать светило.

Решение:

1. Рассчитать по МАЕ звездное местное время S_M .

T_c	18^h31^m	09.09
N_2	$+3W$	
$лр T_{гр}$	21^h31^m	09.09
t_T^Y	$303^\circ 58,2'$	
Δt	$7^\circ 46,3'$	
$t_{гр}^Y$	$311^\circ 44,5'$	
λ	$-49^\circ 25,0' W$	
$S_M=t_M^Y$	$262^\circ 23,9'$	$\approx 262^\circ$

2. Установить звездный глобус по широте.

Для этого необходимо установить повышенный полюс мира над одноименной точкой плоскости горизонта на дугу равную широте. Если широта северная, то над точкой N поднимаем P_N (около него написана "Полярная") на угол равный широте. Если широта южная, то, утопив Полярную звезду под точку N, над точкой S поднимаем P_S на угол равный широте $\varphi=35^\circ S$.

3. Установить глобус по звездному местному времени.

Для этого вращаем его вокруг оси (не сбивая по широте) так, чтобы у боковой оцифрованной части кольца меридиана наблюдателя был отчет шкалы экватора, равный заданному звездному местному времени $S_M=262^\circ$.

Для опознавания светила по его горизонтным координатам крестовину вертикалов устанавливаем так, чтобы один из них на азимутальном круге был на от-

счете найденного азимута $A=111^\circ$, а индекс вертикала на отсчете высоты $h=22^\circ$. Тогда под индексом находим наблюдаемую звезду α Южной Рыбы.

2.2. Нанесение на глобус планет

Пример:

29 мая 2001 года. Нанести на звездный глобус Венеру

1. По дате из МАЕ выбирают значения прямого восхождения и склонения планеты (на Тгр=12ч).
 $\alpha = 21,3^\circ$ и $\delta = 7^\circ 03,5' N$

124		2001 г.				Май 28, 29,					
Тгр		т. Омега		Солнце		[Епоха -4,5]					
29	0	246	35,2	180	40,4 N	21	35,6	225	14,5 N	6	55,7
	1	261	37,6	195	40,3	21	36,0	240	14,9	6	56,4
	2	276	40,1	210	40,2	21	36,4	255	15,2	6	57,0
	3	291	42,6	225	40,1	21	36,8	270	15,6	6	57,7
	4	306	45,0	240	40,0	21	37,1	285	15,9	6	58,3
В	5	321	47,5	255	39,9	21	37,5	300	16,3	6	59,0
Т	6	336	49,9	270	39,9 N	21	37,9	315	16,6 N	6	59,6
	7	351	52,4	285	39,8	21	38,3	330	17,0	7	00,2
О	8	6	54,9	300	39,7	21	38,7	345	17,3	7	00,9
Р	9	21	57,3	315	39,6	21	39,1	0	17,7	7	01,5
Н	10	36	59,8	330	39,5	21	39,5	15	18,0	7	02,2
	11	52	02,3	345	39,5	21	39,8	30	18,4	7	02,8
И	12	67	04,7	0	39,4 N	21	40,2	45	18,7 N	7	03,5
К	13	82	07,2	15	39,3	21	40,6	60	19,0	7	04,1
	14	97	09,7	30	39,2	21	41,0	75	19,4	7	04,8
				Тх	☉	Рз	8°38'	21°3'	0,2		

2. Поворачивают сферу глобуса, подводя к оцифрованному краю меридиана наблюдателя отсчет небесного экватора, равный прямому восхождению (α) планеты.

Откладывают по дуге меридиана наблюдателя величину склонения (δ) в сторону северного или южного полюсов в зависимости от наименования склонения и отмечают положение планеты мягким карандашом, и ставят рядом знак данного светила.

Обычно, нанесенная планета располагается рядом с эклиптикой.

2.3. Star Finder.

Star Finder состоит из карты звездного неба, набора прозрачных кругов широты и специальной диаграммы.

Карта звездного неба нанесена с двух сторон плотного пластмассового диска белого цвета. На одну сторону нанесены звезды так, что в центре диска располагается северный полюс (большая буква N), с другой стороны в центре диска южный полюс (большая буква S). В центр диска вставлен пластмассовый штифт, на который насаживается прозрачный круг широты. На данный диск нанесены со своими именами 57 навигационных звезд. Список этих звезд дан на развороте ежедневных таблиц Nautical Almanac. По краю диска нанесена шкала звездного местного времени.

Выставляется *Star Finder* по широте места судна Lat (ϕ) и по местному звездному времени LHA (S_m), для чего:

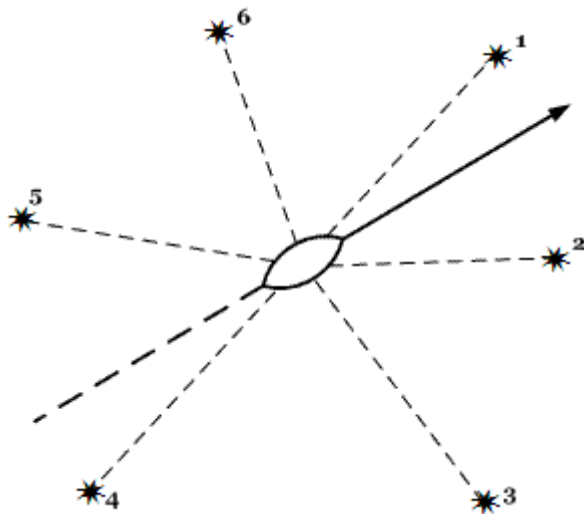
- ориентируется пластмассовый диск стороной по широте (для северной широты – в центре диска буква N);
- выбирается прозрачный круг, ближайший (меньший) к нашей широте;
- вращая прозрачный круг вокруг оси мира (штифта), добиваются совпадения большой стрелки со значением звездного времени.

2.4. Подбор светил по звездному глобусу для наблюдений

Планируя определение места судна по “одновременным” наблюдениям, необходимо заранее подобрать светила. Эта задача решается с помощью звездного глобуса или Star Finder.

Подбор светил выполняют, руководствуясь следующими, *критериями*:

- следует наблюдать наиболее яркие светила;
- разность азимутов для двух или четырех светил $\sim 90^\circ$;
- оптимальное количество светил - три; с разностью азимутов $\sim 120^\circ$;
- светила должны располагаться по всему горизонту, а не находится в одной его половине;
- диапазон высот светил $20^\circ \div 70^\circ$.



ОМС по 2 светилам:

1 – 3; 1 – 5; 4 – 5; 2 – 6; 3 – 4.

ОМС по 3 светилам:

1 – 3 – 5; 2 – 4 – 6.

ОМС по 3 светилам:

1 – 3 – 4 – 5.

3. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Провести текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Расчет времени восхода, захода светил, начало и конца сумерек».
2. Разобрать порядок нахождения и опознавания светил на звездном глобусе.
3. Разобрать порядок нахождения и опознавания светил на Star Finder.
4. Подвести итог по занятию.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение звездного глобуса.
2. Устройства звездного глобуса.
3. Установка глобуса на время наблюдения.
4. Использование планшета STAR FINDER 2102-D для целей астрономии.
5. Критерии подбора светил для наблюдений.
6. Порядок нанесения планет на планшет STAR FINDER.
7. Определение названия наблюдаемого светила.
8. Определение горизонтных координат подобранных светил.

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.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9.

ТЕОРИЯ И УСТРОЙСТВО СЕКСТАНА, ВЫВЕРКА, ОПРЕДЕЛЕНИЕ И УМЕНЬШЕНИЕ ИНДЕКСА, ИЗМЕРЕНИЕ ВЫСОТ

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Приобретение компетенций согласно таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Компетенции согласно ФГОС ВПО			
ПКС-5. Умение определять место судна и поправки судовых компасов по наблюдениям небесных светил с использованием астрономических ежегодников и мореходных таблиц, а также математических методов и компьютерных программ	—	Измерение высот светил секстаном	Устройство и выверка секстана
Компетенции согласно Кодексу ПДНВ (Раздел А-П/1. Функция «Судовождение на уровне эксплуатации». Сфера компетентности: «Планирование и осуществление перехода и определение местоположения»)			
К-1. Умение использовать небесные тела для определения места судна	—	Измерение высот светил секстаном	Устройство и выверка секстана

Объем: 2 академических часа.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Подбор светил для наблюдений» – 5 мин.
2. Устройство секстана, принцип измерения углов – 20 мин.
3. Выверки секстана – 20 мин.
4. Измерение высот секстаном, поправка секстана – 40 мин.
5. Подведение итогов занятия – 5 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Секстан.
4. Тематический плакат.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1. Устройство секстана и принцип действия

Секстан - угломерный морской инструмент, предназначенный для измерения углов с подвижного основания. В подавляющем большинстве случаев им измеряются вертикальные углы - высоты светил, но им можно измерять и горизонтальные углы, и углы в любой плоскости. Внешний вид секстана представлен на рис 9.1.

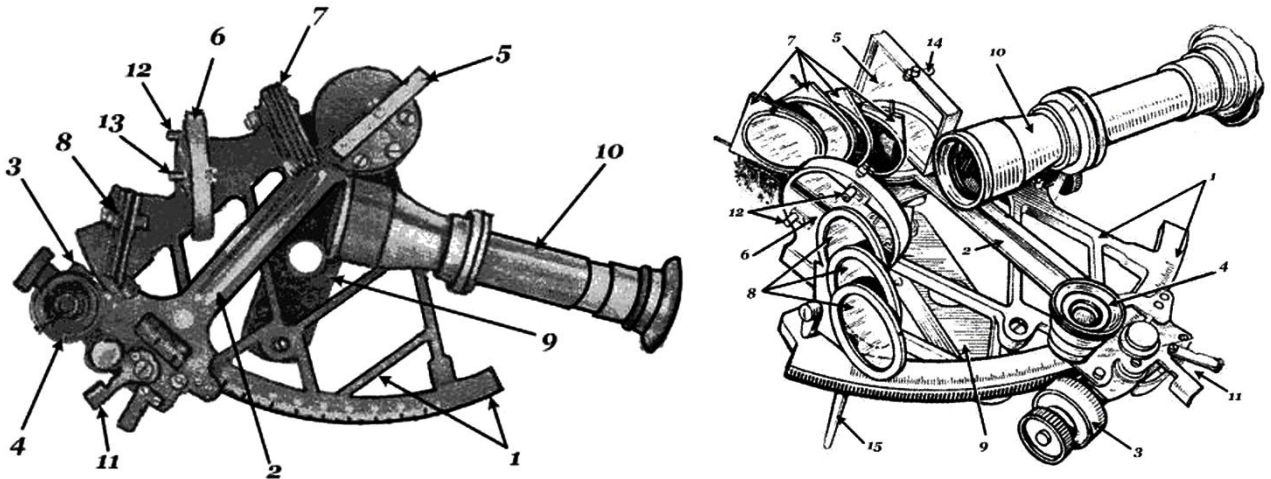


Рисунок 9.1. – Внешний вид секстана

В навигационном секстане различают следующие части:

1 – рама с азимутальным лимбом; 2 – алидада; 3 – отсчетный барабан;
4 – осветительное устройство; 5 – большое (подвижное) зеркало;
6 – малое (неподвижное) зеркало; 7 – набор светофильтров большого зеркала;
8 – набор светофильтров малого зеркала; 9 – рукоятка секстана; 10 – зрительная труба.

В комплектацию навигационного секстана входят:

футляр секстана (укладочный ящик); два диоптра (специальные уголки); регулировочный ключ; флакон с маслом; отвертка; щетка; кусок фланели; технический формуляр.

В основу теории секстана положены два закона отражения светового луча от плоскопараллельных зеркал:

I закон – угол падения светового луча на плоское зеркало равен углу отражения;

II закон – падающий и отраженный лучи лежат в одной плоскости с перпендикуляром, восстановленным к плоскости плоского зеркала в точке падения луча.

На рис. 9.2 показано светило σ , высоту (h) которого нужно измерить.

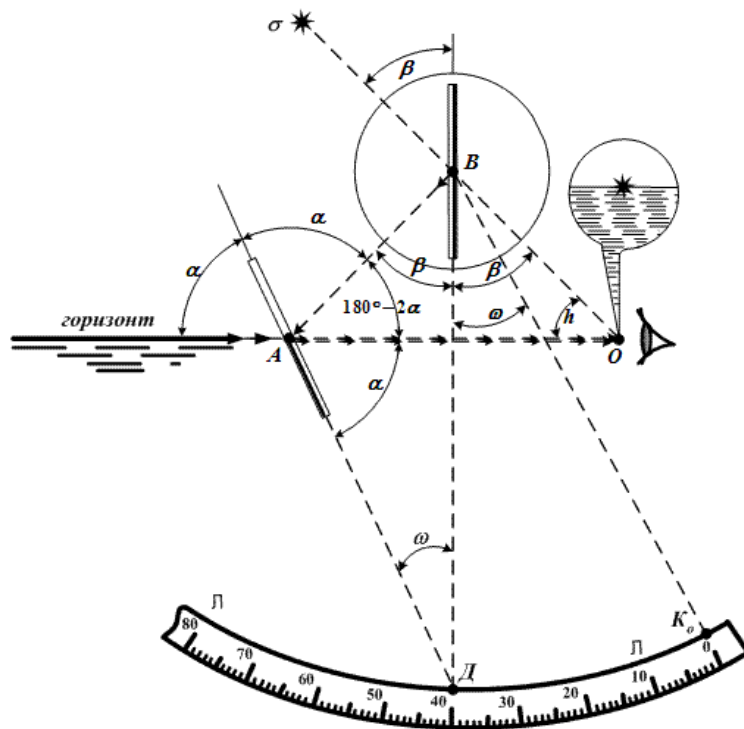


Рисунок 9.2. – Принцип измерения угла секстаном

Принцип измерения угла навигационным секстаном основан на использовании двух плоских зеркал – неподвижного «А» и подвижного «В».

Неподвижное зеркало «А» крепится к раме и своей зеркальной поверхностью установлено в сторону глаза наблюдателя. Нижняя его часть – зеркало, верхняя – прозрачное стекло, через которое видимый горизонт наблюдается как прямовидимый.

Подвижное зеркало «В» закреплено на алидаде ВД, с помощью которой может быть повернуто на такой угол β , что луч света от светила σ , отразившись под таким же углом β , попадает под углом α на неподвижное зеркало «А» и, отразившись от него под таким же углом α – в глаз наблюдателя (т. О).

Таким образом, наблюдатель одновременно видит по одному направлению прямовидимый горизонт и дважды отраженное (от подвижного зеркала «В» и неподвижного зеркала «А») изображение светила (σ).

Практическое измерение угла h может быть осуществлено путем измерения угла между зеркалами ω .

После математических преобразований из треугольников получим:

$$h = 2\omega$$

т.е. измеряемый угол равен двойному углу между плоскостями зеркал секстана при таком их положении, когда оба изображения предметов (прямовидимое и дважды отраженное) совмещены в поле зрения трубы.

От нулевого штриха лимба влево нанесены *полуградусные* штрихи, которые приняты за градусные деления.

2.2. Подготовка секстана к работе

- за 20÷30 минут вынести секстан к месту наблюдений;
- утопив зуб стопорного замка футляра, без усилий извлечь секстан из футляра за переплет рамы;
- произвести внешний осмотр секстана, держа его за рукоятку правой рукой;
- взять левой рукой за переплет рамы и поставить секстан ножками на стол (горизонтальную поверхность);
- проверить перпендикулярность большого зеркала к плоскости азимутального лимба (2-я выверка);
- проверить перпендикулярность малого зеркала к плоскости азимутального лимба (3-я выверка);
- определить поправку индекса секстана (i);
- произвести замер углов или высот светил;
- протереть секстан ветошью и без усилий уложить его в футляр (после снятия и укладки в футляр зрительной трубы и установки алидады в среднее положение);
- из технического формуляра выбрать (из специальной таблицы) значения инструментальных поправок секстана (s) для каждой измеренной высоты или угла по значению «ОС» (отсчет секстана).

При измерении углов секстаном его зеркала должны быть перпендикулярны плоскости лимба, а оптическая ось трубы - параллельна плоскости лимба. Несоблюдение этих требований ведёт к погрешностям в отсчётах секстана.

Для устранения погрешностей, производятся три выверки секстана:

- проверка параллельности оптической оси трубы плоскости лимба,
- проверка перпендикулярности большого зеркала плоскости лимба,
- проверка перпендикулярности малого зеркала плоскости лимба.

1. Проверка параллельности оптической оси трубы плоскости лимба

Эта выверка выполняется еще до выхода в море во время приготовления к плаванию.

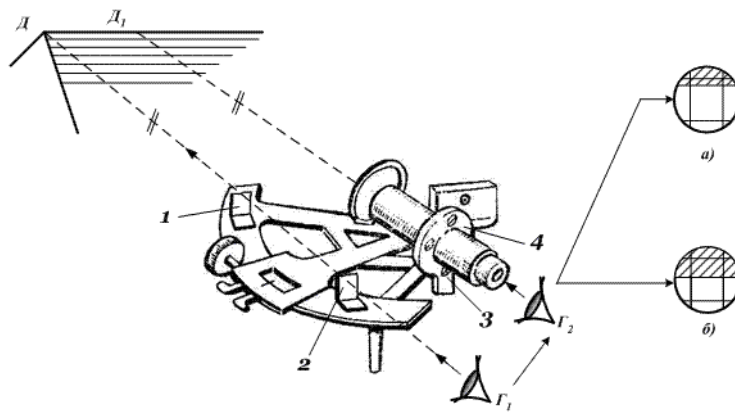


Рисунок 9.3. – Проверка параллельности оптической трубы

Секстан с установленной зрительной трубой ставят на горизонтальное основание. Отстопорив алидаду, устанавливают ее в среднее положение (отсчет по лимбу $\approx 50^\circ \div 70^\circ$). На края лимба ставят два диоптра (1, 2) таким образом, чтобы соединяющая их линия была примерно параллельна оптической оси зрительной трубы.

Найдя удаленный (не ближе 50 м) предмет с ярко выраженной горизонтальной поверхностью (крыша здания, линия горизонта), устанавливают секстан так, чтобы эта горизонтальная поверхность оказалась на продолжении линии, проходящей через верхние срезы диоптров ($\Gamma_1 D$), затем наблюдают предмет через зрительную трубу ($\Gamma_2 D_1$).

Изображение выбранной горизонтальной поверхности должно оказаться в центре зрительной трубы (рис.9.3б).

Если изображение выбранной горизонтальной поверхности смещено относительно центра зрительной трубы (рис.9.3а), необходимо с помощью отвертки, вращая верхний и нижний регулировочные винты (4, 3) в кольце стойки зрительной трубы (поджимая один винт и отдавая другой) до тех пор, пока изображение горизонтальной поверхности не окажется в центре зрительной трубы (рис. 9.3б). В этом случае оптическая ось зрительной трубы будет параллельна плоскости азимутального лимба.

2.Проверка перпендикулярности большого зеркала плоскости азимутального лимба

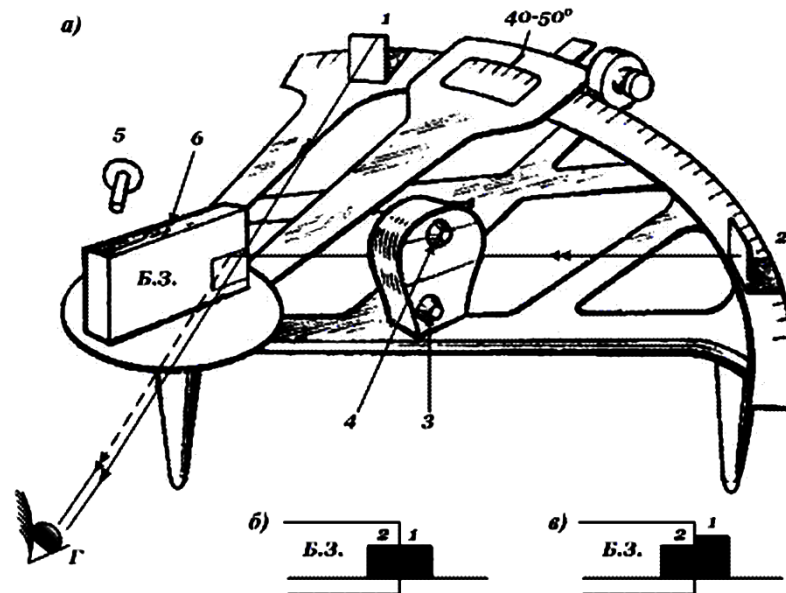


Рисунок 9.4. – Проверка перпендикулярности большого зеркала

Эта выверка выполняется перед каждым наблюдением (рис.9.4). Для ее выполнения необходимо:

- установить секстан на ножки на горизонтальное основание (без зрительной трубы);

- отстопорив алидаду, установить ее на отсчет $\approx 40^\circ \div 50^\circ$;
- на азимутальный лимб секстана у отсчетов $\sim 0^\circ$ и $\sim 120^\circ$ установить диоптры (1, 2);
- посмотреть на секстан со стороны большого зеркала (Б.З.) таким образом, чтобы:

луч зрения проходил через правый срез большого зеркала и был параллелен плоскости рамы;

правый срез большого зеркала «скрывал» левую половину левого (1) диоптра (наблюдается прямовидимо только правая половина левого диоптра);

перемещая правый диоптр (2) по азимутальному лимбу, добиться такого его положения, чтобы на правом срезе большого зеркала наблюдалась и половина отраженного изображения правого диоптра (половина левого диоптра находится все это время в поле зрения). Если наблюдаемые верхние срезы диоптров будут на одном уровне (рис. 9.4б), значит большое зеркало перпендикулярно плоскости азимутального лимба.

Если наблюдаемые верхние срезы диоптров не совпадают (рис. 9.4в), то вращением регулировочного винта большого зеркала 6 (регулировочный ключ 5 вставляется в специальное гнездо с тыльной стороны большого зеркала), совместить края диоптров так, как показано на рис.9.4б.

3. Проверка перпендикулярности малого зеркала плоскости азимутального лимба

Проверка перпендикулярности малого зеркала плоскости азимутального лимба также производится перед каждым наблюдением. Эта последняя (третья) выверка секстана выполняется или по Солнцу или по звезде.

Для выполнения проверки по Солнцу необходимо:

- навести зрительную трубу на резкость, и установить ее на штатное место в специальное гнездо секстана;
- алидаду и угломерный барабан установить точно на отсчет « $0^\circ 00,0'$ » (рис.9.5);

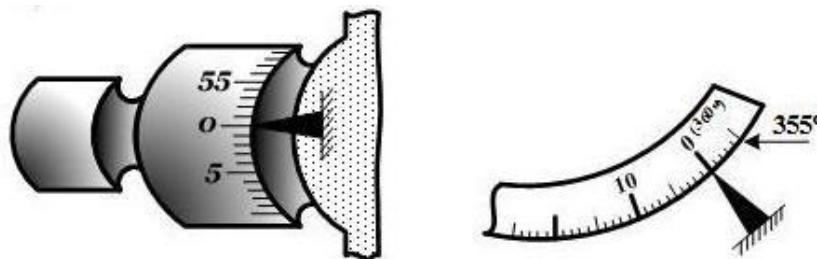


Рисунок 9.5. – Установка отсчета секстана

- подобрать и установить перед большим и за малым зеркалами темные светофильтры;
- навести зрительную трубу на Солнце – в поле зрения наблюдаем (рис.9.6).

В первом случае (рис. 9.6.а), при вращении угломерного барабана одно изображение светила строго проходит через его другое изображение и, в какой-то момент, эти изображения накладываются одно на другое, что и свидетельствует о том, что малое зеркало перпендикулярно плоскости азимутального лимба.

Во втором случае (рис. 9.6.б) малое зеркало не перпендикулярно плоскости азимутального лимба. Для устранения неперпендикулярности необходимо:

- вращая угломерный барабан, установить изображения светила на одной горизонтали (рис. 9.6.в);
- вращая верхний регулировочный винт малого зеркала, добиться точного наложения изображений светила (рис. 9.6.г,д).

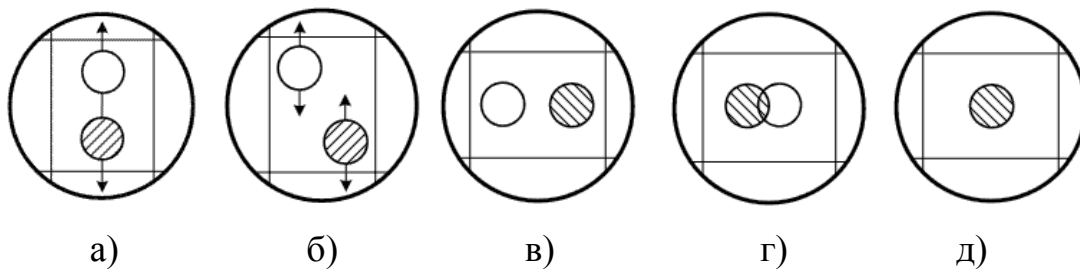


Рисунок 9.6. – Наблюдение светил

2.3. Определение поправки индекса секстана

Отсчет углов, измеренных секстаном, производится по лимбу и угломерному барабану, причем отсчет равный « $0^{\circ}00,0'$ » соответствует параллельному положению большого и малого зеркал. На заводе-изготовителе нуль шкалы наносят для вполне определенного положения малого зеркала. Однако, под влиянием различных механических воздействий, а также в связи с изменением температуры, малое зеркало может изменить свое положение. Поэтому *перед наблюдениями необходимо определять поправку индекса секстана*.

Поправка индекса навигационного секстана (*i*) – это алгебраическая разность между нулем шкалы и отсчетом при совмещении прямовидимого и дважды отраженного изображений одного и того же светила (отдаленного предмета).

Место нуля на лимбе может получиться и слева и справа от нуля шкалы, нанесенного на азимутальный лимб заводским способом.

Поэтому на азимутальном лимбе секстана справа от нуля (360°) нанесены пять не оцифрованных градусных делений, соответствующих отсчетам 359° , 358° , 357° , 356° , 355° .

На практике используют три способа определения поправки индекса секстана:

- по звезде;
- по Солнцу;
- по видимому горизонту.

Определение поправки индекса секстана по звезде

Поправка индекса секстана (i) по звезде определяется, как правило, перед наблюдениями звезд в утренние навигационные сумерки (или после наблюдений звезд в вечерние навигационные сумерки).

Для определения поправки индекса секстана (i) по звезде необходимо:

- навести зрительную трубу на резкость и установить ее на секстан;
- алидаду и угломерный барабан секстана установить точно на отсчет «0°00,0'»;
- навести зрительную трубу на звезду. В поле зрения наблюдаем (рис.9.7);

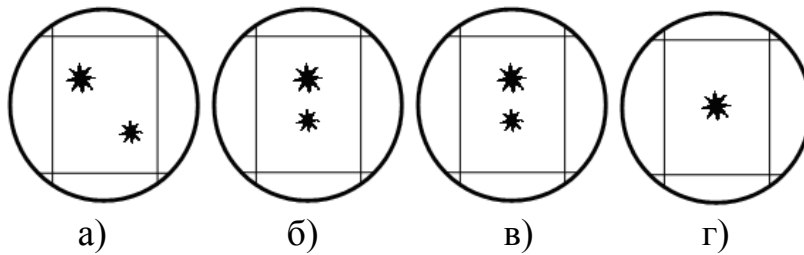


Рисунок 9.7. – Наблюдение звезды

– в первом случае (рис.9.7.а), вращением верхнего регулировочного винта малого зеркала, устранить неперпендикулярность малого зеркала плоскости азимутального лимба;

– в случаях б) или в) (рис. 9.7.), вращая угломерный барабан, добиться точного совмещения (рис.9.7.г), прямовидимого и дважды отраженного изображений звезды и снять отсчет секстана $OC = 359^{\circ}57,8'$ (рис. 9.8.);

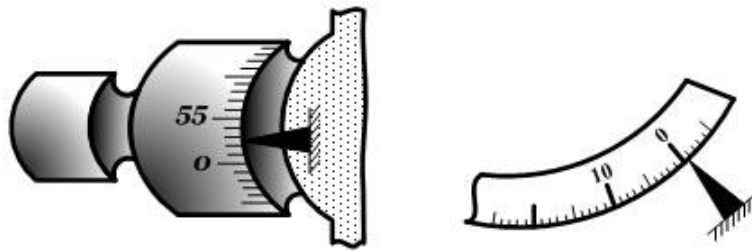


Рисунок 9.8. – Отсчет секстана

– рассчитать поправку индекса секстана по формуле: $i = 360^{\circ} - OC_i$

Для нашего примера: $i = 360^{\circ} - 359^{\circ}57,8' = +2,2'$, т.е. $i = +2,2'$.

Способ определения поправки индекса по звезде достаточно точный.

Определение поправки индекса секстана по Солнцу

Для определения поправки индекса секстана по Солнцу необходимо:

- навести зрительную трубу на резкость и установить ее на секстан;
- алидаду и угломерный барабан секстана установить точно на отсчет «0°00,0'»;

- подобрать и установить темные светофильтры перед большим и за малым зеркалами;
- навести зрительную трубу на Солнце. В поле ее зрения наблюдаем (рис. 9.9.);

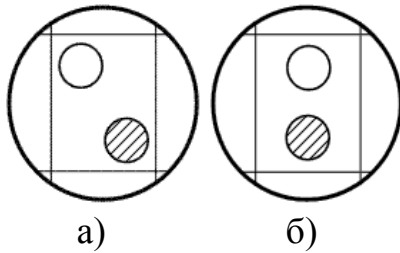


Рисунок 9.9. – Наблюдение за Солнцем

- в первом случае (рис. 9.9.а), вращением верхнего регулировочного винта малого зеркала, устранить неперпендикулярность малого зеркала плоскости азимутального лимба;
- в случае б) (рис. 9.9.), вращая угломерный барабан, добиться соприкосновения изображений Солнца и снять первый отсчет секстана $OC_1 = 360^\circ 37,0'$ (рис.9.10);

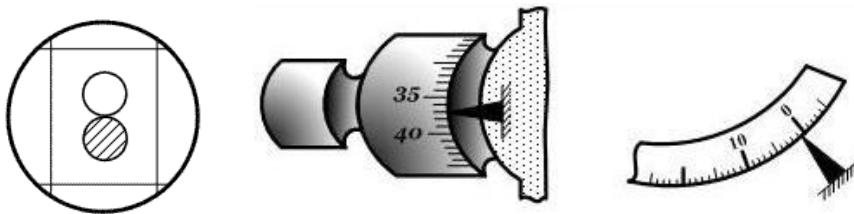


Рисунок 9.10. – Отсчет секстана по Солнцу

- вращая угломерный барабан, добиться смены изображений Солнца и снять второй отсчет секстана $OC_2 = 359^\circ 33,2'$ (рис.9.11.);

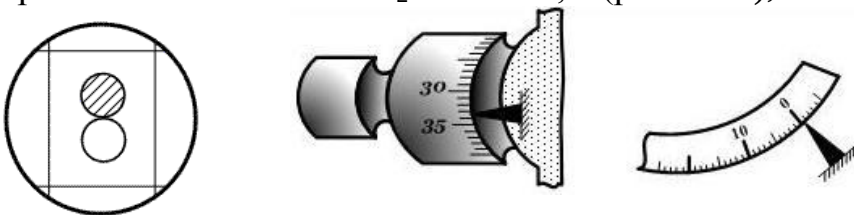


Рисунок 9.11. – Второй отсчет секстана по Солнцу

- рассчитать поправку индекса секстана по формуле

Для нашего
$$i = 360^\circ - \frac{OC_1 + OC_2}{2}$$
 примера

$$i = 360^\circ - \frac{720^\circ 10,2'}{2} = 360^\circ - 360^\circ 05,1' = -5,1'$$

При точном совмещении краев изображений Солнца в обоих случаях, отсчеты секстанов (OC_1 и OC_2) должны отличаться друг от друга на величину, равную значению четырех радиусов Солнца

$$OC_2 - OC_1 = 4R.$$

Для контроля точности определения поправки индекса по Солнцу необходимо:

- из ЕТ МАЕ по дате наблюдений (25.09) выбрать значение радиуса Солнца ($R = 16,0'$) и рассчитать значение « $4R$ » ($64,0'$);
- рассчитать разность между первым и вторым (большим и меньшим) отсчетами секстана: $OC_1 - OC_2 = 360^\circ 37,0' - 359^\circ 33,2' = 63,8'$;
- сравнить величины $4R$ ($64,0'$) и r ($63,8'$).

Если разность $\Delta = (4R - r)$ не превышает значения $\pm 0,5'$, то значения отсчетов секстана (OC_1 и OC_2) соответствуют действительным значениям и поправка индекса секстана определена правильно.

Если разность $\Delta = (4R - r)$ более чем $+0,5'$ ($4R > r$), то замеры выполнены некачественно – края изображений Солнца не соприкасались, а накладывались одно на другое и поправка индекса секстана не соответствует ее действительному значению.

Если разность $\Delta = (4R - r)$ более чем $-0,5'$ ($4R < r$), то замеры также выполнены некачественно – между краями изображений Солнца имелся разрыв (зазор) – и поправка индекса секстана также не соответствует ее действительному значению.

В этих случаях необходимо повторить определение поправки индекса по Солнцу.

2.4.измерение высот светил и углов секстаном

Измерение высоты звезды навигационным секстаном производится во время утренних или вечерних навигационных сумерек, когда звезды и видимый горизонт одновременно наблюдаются визуально.

Для измерения высоты звезды навигационным секстаном необходимо:

1. Подготовить секстан к наблюдениям (выполнить его выверки и определить его поправку индекса).
2. Установить по азимутальному лимбу и угломерному барабану секстана отсчет $0^\circ 00,0'$.
3. Навести зрительную трубу на избранную звезду. В поле зрения должны быть видны два изображения - прямовидимое и дважды отраженное.
4. Отсоединить микрометрический винт от зубчатой рейки стопорным устройством и плавно отодвинуть от себя алидаду. Дважды отражённое изображе-

ние пойдёт вверх. Чтобы оно не ушло из поля зрения, трубу плавно опускают к горизонту. Прямоугольное изображение уйдёт из поля зрения и останется только дважды отражённое. Продолжая удерживать его в поле зрения, опускать трубу, пока в стекле малого зеркала не покажется горизонт. После этого отпускают рычажки стопорного устройства и дальше светило подводится к горизонту отсчётным барабаном (рис.9.12.).

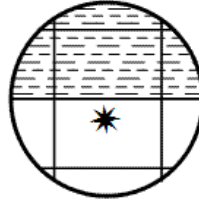


Рисунок 9.12. – Светило подводится к горизонту

5. Вращением угломерного барабана добиться касания дважды отраженного изображения звезды линии видимого горизонта.

6. Покачивая секстан относительно оси зрительной трубы («вправо» – «влево»), убедиться, что дважды отраженное изображение звезды касается линии видимого горизонта в единственной точке и дать команду второму наблюдателю с часами "Товсь!" и, в момент касания, – «Ноль!».

7. Снять отсчет секстана (OC_1) с точностью до «0,1'» и передать его значение для записи второму наблюдателю.

8. Повторить еще дважды действия пп.2÷7 (OC_2 и OC_3).

9. Второй наблюдатель, по команде «Ноль!» первого наблюдателя, фиксирует по рабочим часам и записывает точное время измерения каждой высоты (T_1 , T_2 , T_3) с точностью до $\pm 0,5$ с, а также все значения отсчетов секстана (OC_1 , OC_2 , OC_3), переданные ему первым наблюдателем.

10. Рассчитывается:

среднее время замера высоты звезды по формуле

$$T_{CP} = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3},$$

средний отсчет секстана по формуле

$$OC_{CP} = \frac{OC_1 + OC_2 + OC_3}{3},$$

значение измеренной высоты светила по формуле

$$h_{изм} = OC_{CP} + (i + s),$$

где – i – поправка индекса секстана, определенная непосредственно до измерения высоты или сразу после наблюдений;

s – инструментальная поправка секстана, выбранная из формуляра по значению « OC_{CP} »;

$(i + s)$ – поправка секстана.

3. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Провести текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Подбор светил для наблюдений».
2. Разобрать порядок нахождения судового времени восхода, захода и кульминации светил.
3. Разобрать порядок выверки секстана.
4. Разобрать порядок измерения высот светил секстаном, определения поправки секстана.
5. Подвести итог по занятию.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Теория измерения углов секстаном.
2. Устройство секстана.
3. Выверки секстана.
4. Способы определения поправки секстана.
5. Уменьшение поправки секстана.
6. Способы измерения высот светил.
7. Особенность измерения горизонтальных углов.

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.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 10.

НАХОЖДЕНИЕ МЕСТНОГО ЧАСОВОГО УГЛА И СКЛОНЕНИЯ СОЛНЦА, ЛУНЫ, ПЛАНЕТ

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Приобретение компетенций согласно таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Компетенции согласно ФГОС ВПО			
ПКС-5. Умение определять место судна и поправки судовых компасов по наблюдениям небесных светил с использованием астрономических ежегодников и мореходных таблиц, а также математических методов и компьютерных программ	—	Исправление высот светил	Земная рефракция и наклонение горизонта, астрономическая рефракция, полудиаметр и параллакс светил
Компетенции согласно Кодексу ПДНВ (Раздел А-П/1. Функция «Судовождение на уровне эксплуатации». Сфера компетентности: «Планирование и осуществление перехода и определение местоположения»)			
К-1. Умение использовать небесные тела для определения места судна	—	Исправление высот светил	Земная рефракция и наклонение горизонта, астрономическая рефракция, полудиаметр и параллакс светил

Объем: 2 академических часа.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Измерение высот светил секстаном» – 10 мин.
2. Поправки для исправление наблюденной высоты светила – 20 мин.
3. Самостоятельная работа студентов – решение задач по нахождению обсервованной высоты светила – 50 мин.
6. Подведение итогов занятия – 10 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Бланки для вычислений.
4. Морские астрономические ежегодники.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1. Исправление высот светил.

Измеренная секстаном высота светила OC (отсчет секстана) - H_s (*sextant altitude*) требует исправления и определения исправленной высоты Ho (*observed altitude*) для дальнейшего применения в расчетах при определении места судна. Показания с отсчетного барабана секстана H_s исправляются инструментальной поправкой s , поправкой индекса секстана i и поправкой за высоту глаза наблюдателя Δh_d - *DIP*.

Полученная высота называется видимой (кажущейся) высотой светила $h_{вид}$ - Ha (*Apparent Altitude*). По значению Ha производятся дальнейшие выборки поправок.

Далее Ha исправляется поправками за астрономическую рефракцию, параллакс, температуру и давление, и за полудиаметр светила.

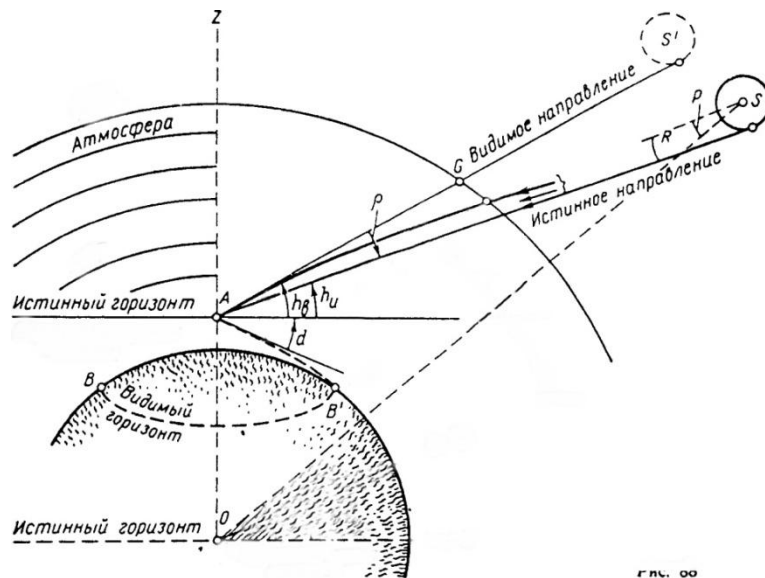


Рисунок 10.1. – Поправки для истинной высоты светила

Общая формула исправления наблюденной высоты

$$h_0 = OC + (i+s) + \Delta h_d + \Delta h_p + \Delta h_r + R + \Delta h_t + \Delta h_b \text{ (MAE),}$$

$$Ho = Hs + (i+s) - DIP - R_0 + PA + SD + \Delta t + \Delta b \text{ (NA),}$$

где – OC (H_s) – отсчет секстана;

i – поправка индекса секстана (*Index Correction*) $i = 360^\circ - OC$;

s – инструментальная поправка секстана (*Instrumental Errors*), определяется изготовителем или в мастерских;

Δh_d (*Dip of the horizon*) – поправка за наклонение горизонта $DIP = 1,758 \times \sqrt{e}$

Δh_r (R_0) – поправка за астрономическую рефракцию (*Refraction*). Преломление лучей света в слоях атмосферы, зависит от высоты светила над горизонтом.

Δh_p (PA) – поправка за параллакс светила (*Parallax Altitude*). Применяется к «близким светилам» Солнцу, Луне, планетам.

По сути дела, PA - это угол, под которым виден радиус Земли с данного светила. Однако Земля не является идеальным шаром и сплюснута к полюсам. Поэтому на каждой широте радиус Земли свой и горизонтальные параллаксы одного и того же светила разные.

Δh_t ($\wedge t$) – поправка за температуру. Применяется если температура воздуха отличается от стандартной 10°C.

Δh_b ($\wedge b$) – поправка за атмосферное давление. Применяется если атмосферное давление выше или ниже стандартного 760мм. ($760\text{мм} \times 1,33 = 1010\text{ mbrs}$).

R (SD) – поправка за полудиаметр светила (*Semi Diameter*). Применяется только к Солнцу и Луне (*Upper/Lower Limb Correction*).

Частные формулы исправления наблюденной высоты для Browns Almanac:

Stars: $H_o = H_s + (i+s) - DIP - R_0 + \wedge t + \wedge b$,

Sun: $H_o = H_s + (i+s) - DIP - R_0 + PA + SD + \wedge t + \wedge b$, (SD: L – add, U – subtract)

Planet: $H_o = H_s + (i+s) - DIP - R_0 + PA + \wedge t + \wedge b$,

Moon: $H_o = H_s + (i+s) - DIP + PA + \wedge t + \wedge b$, (*npu Ha* $\geq 10^\circ$) page 8

Moon: $H_o = H_s + (i+s) - DIP - R_0 + PA + SD + \wedge t + \wedge b$, (SD: L – add, U – subtract), (*npu Ha* $\leq 10^\circ$) page 7.

Исправление высот по Nautical Almanac производится по схеме:

H_s	=		Sextant altitude	
i	=	$\pm$	Index correction	
s	=	$\pm$	Instrumental error	Box of sextant
DIP	=	–	Dip of horizon	NT p.415, NA-A2, BA p.6
H_a			(Sum) <i>Apparent altitude</i> $H_a = H_s + (i+s) - DIP$	
R_0	=	–	Atmospheric refraction	NT p.416, NA-A2, BA p.6
PA	=	+	Parallax in altitude of the Sun, Moon, Venus or Mars	NT p.429, NA-xxxiv, BA p.6,8
SD	=	$\pm$	Semi-diameter Sun or Moon (L – add, U – subtract)	NA- daily pges, BA p.6
$\wedge t, \wedge b$	=	$\pm$	Additional refraction corrections	NT p.416, NA- A4
H_o	=		OBSERVED ALTITUDE	

3.ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

В задачах №№ 181-210 вычислить обсервованные высоты звезд, измеренные над видимым горизонтом

№	OC	i	s	$e, \text{м}$
181	48°32,7'	+2,3'	+0,1'	14,0
182	17 52,1	+3,5	0,0	12,5
183	26 48,7	-4,2	-0,1	10,0
184	53 14,5	-2,0	+0,1	13,0
185	62 43,1	+5,1	0,0	15,5
186	35 26,7	+1,5	-0,1	17,2
187	27 52,1	-2,5	+0,1	14,0
188	36 48,7	-3,0	0,0	12,5
189	63 14,5	+3,5	-0,1	10,0
190	12 43,1	-4,2	+0,1	13,0
191	45 26,7	-2,0	0,0	15,5
192	19 52,1	+5,1	-0,1	17,2
193	28 48,7	+1,5	+0,1	14,0
194	55 14,5	-2,5	0,0	12,5
195	64 43,1	-3,0	-0,1	10,0
196	37 26,7	+3,5	+0,1	13,0
197	17 22,1	-4,2	0,0	15,5
198	26 18,7	-2,0	-0,1	17,2
199	53 44,5	+5,1	+0,1	14,0
200	62 23,1	+1,5	0,0	12,5
201	35 06,7	-2,5	-0,1	10,0
202	37 52,1	-3,0	+0,1	13,0
203	46 48,7	+3,5	0,0	15,5
204	13 14,5	-4,2	-0,1	17,2
205	22 43,1	-2,0	+0,1	14,0
206	55 26,7	+5,1	0,0	12,5
207	16 48,7	+1,5	-0,1	10,0
208	33 14,5	-2,5	+0,1	13,0
209	62 43,1	-3,0	0,0	15,5
210	25 26,7	+1,5	-0,1	17,2

В задачах №№ 211-240 вычислить obserвованные высоты планет, измеренные над видимым горизонтом

№	Дата	Планета	OC	i	s	$e, \text{м}$
211	01/09	Венера	35°06,7'	-2,5'	0,0'	18,0
212	14/03	Марс	37 52,1	-3,0	-0,1	14,0
213	06/02	Венера	46 48,7	+3,5	+0,1	12,5
214	21/11	Марс	13 14,5	-4,2	0,0	10,0
215	02/09	Венера	22 43,1	-2,0	-0,1	13,0
216	15/03	Марс	55 26,7	+5,1	+0,1	15,5
217	07/02	Венера	16 48,7	+1,5	0,0	17,2
218	22/11	Марс	33 14,5	-2,5	-0,1	14,0
219	03/09	Венера	62 43,1	-3,0	+0,1	12,5
220	16/03	Марс	25 26,7	+1,5	0,0	10,0
221	08/02	Венера	48 32,7	+3,5	-0,1	13,0
222	23/11	Марс	17 52,1	-4,2	+0,1	15,5
223	01/09	Венера	26 48,7	-2,0	0,0	17,2
224	14/03	Марс	53 14,5	+5,1	-0,1	14,0
225	06/02	Венера	62 43,1	+1,5	+0,1	12,5
226	21/11	Марс	35 26,7	-2,5	0,0	10,0
227	02/09	Венера	27 52,1	-3,0	-0,1	13,0
228	15/03	Марс	36 48,7	+3,5	+0,1	15,5
229	07/02	Венера	63 14,5	-4,2	0,0	17,2
230	22/11	Марс	12 43,1	-2,0	-0,1	14,0
231	03/09	Венера	45 26,7	-2,0	+0,1	12,5
232	16/03	Марс	19 52,1	+5,1	0,0	10,0
233	08/02	Венера	28 48,7	+1,5	-0,1	13,0
234	23/11	Марс	55 14,5	-2,5	+0,1	15,5
235	01/09	Венера	64 43,1	-3,0	0,0	17,2
236	14/03	Марс	37 26,7	+3,5	-0,1	14,0
237	06/02	Венера	17 22,1	-4,2	+0,1	12,5
238	21/11	Марс	26 18,7	-2,0	0,0	10,0
239	02/09	Венера	53 44,5	+5,1	-0,1	13,0
240	15/03	Марс	62 23,1	+1,5	+0,1	15,5

В задачах №№ 241-270 вычислить obserвованные высоты Солнца, измеренные над видимым горизонтом

№	Дата	Край Солнца	ОС	i	s	$e, м$	t°, C	$B, мм$
241	01/09	нижний	35°26,7'	-3,5'	-0,1'	10,0	—	—
242	14/03	верхний	7 52,1	-4,0	+0,1	13,0	+30	770
243	06/02	нижний	6 48,7	+2,5	0,0	15,5	-10	748
244	21/11	верхний	63 14,5	-5,2	-0,1	17,2	—	—
245	02/09	нижний	12 43,1	-3,0	+0,1	14,0	—	—
246	15/03	верхний	45 26,7	+4,1	0,0	12,5	—	—
247	07/02	нижний	9 52,1	+0,5	-0,1	10,0	+15	752
248	22/11	верхний	8 48,7	-3,5	+0,1	13,0	0	755
249	03/09	нижний	55 14,5	-4,0	0,0	15,5	—	—
250	16/03	верхний	64 43,1	+0,5	-0,1	17,2	—	—
251	08/02	нижний	7 26,7	+2,5	+0,1	14,0	+20	760
252	23/11	верхний	17 22,1	-5,2	0,0	12,5	—	—
253	01/09	нижний	26 18,7	-3,0	-0,1	10,0	—	—
254	14/03	верхний	53 44,5	+4,1	+0,1	13,0	—	—
255	06/02	нижний	62 23,1	+0,5	0,0	15,5	—	—
256	21/11	верхний	35 06,7	-3,5	-0,1	18,0	—	—
257	02/09	нижний	7 52,1	-4,0	+0,1	14,0	+10	770
258	15/03	верхний	46 48,7	+2,5	0,0	12,5	—	—
259	07/02	нижний	13 14,5	-5,2	-0,1	10,0	—	—
260	22/11	верхний	22 43,1	-3,0	+0,1	13,0	—	—
261	03/09	нижний	55 26,7	-1,0	0,0	15,5	—	—
262	16/03	верхний	16 48,7	+4,1	-0,1	17,2	—	—
263	08/02	нижний	33 14,5	+0,5	+0,1	14,0	—	—
264	23/11	верхний	62 43,1	-3,5	0,0	12,5	—	—
265	01/09	нижний	25 26,7	-4,0	-0,1	10,0	—	—
266	14/03	верхний	8 32,7	+2,5	+0,1	13,0	-15	755
267	06/02	нижний	7 52,1	-5,2	0,0	15,5	+30	765
268	21/11	верхний	26 48,7	-3,0	-0,1	17,2	—	—
269	02/09	нижний	53 14,5	+4,1	+0,1	14,0	—	—
270	15/03	верхний	62 43,1	+0,5	0,0	12,5	—	—

В задачах №№ 271-300 вычислить наблюдаемые высоты Луны, измеренные над видимым горизонтом

№	Дата	T _{гр}	Край Луны	ОС	<i>i</i>	<i>s</i>	<i>e</i> ,м	<i>t</i> [°] , С	<i>B</i> , мм
271	01/09	10 ^ч	верхний	9°26,7'	-1,5'	+0,1'	17,2	+15	763
272	14/03	11	нижний	7 52,1	-2,0	0,0	14,0	-10	775
273	06/02	12	верхний	16 48,7	+4,5	-0,1	12,5	—	—
274	21/11	13	нижний	33 14,5	-3,2	+0,1	10,0	—	—
275	02/09	14	верхний	12 43,1	-1,0	0,0	13,0	—	—
276	15/03	15	нижний	25 26,7	+6,1	-0,1	10,0	—	—
277	07/02	10	верхний	9 52,1	+2,5	+0,1	13,0	+20	770
278	22/11	11	нижний	8 48,7	-1,5	0,0	15,5	0	755
279	01/09	12	верхний	7 14,5	-2,0	-0,1	17,2	+35	750
280	14/03	13	нижний	64 43,1	+2,5	+0,1	14,0	—	—
281	06/02	14	верхний	8 26,7	+4,5	0,0	12,5	-15	765
282	21/11	15	нижний	17 22,1	-3,2	-0,1	10,0	—	—
283	02/09	10	верхний	16 18,7	-1,0	+0,1	13,0	—	—
284	15/03	11	нижний	43 44,5	+6,1	0,0	15,5	—	—
285	07/02	12	верхний	52 23,1	+2,5	-0,1	17,2	—	—
286	22/11	13	нижний	25 06,7	-1,5	+0,1	14,0	—	—
287	01/09	14	верхний	9 52,1	-2,0	0,0	12,5	15	760
288	14/03	15	нижний	43 48,7	+2,5	-0,1	10,0	—	—
289	06/02	10	верхний	13 14,5	-3,2	+0,1	13,0	—	—
290	21/11	11	нижний	25 43,1	-1,0	0,0	15,5	—	—
291	02/09	12	верхний	8 26,7	-3,0	-0,1	10,0	+8	750
292	15/03	13	нижний	9 48,7	+6,1	+0,1	13,0	-10	765
293	07/02	14	верхний	36 14,5	+2,5	0,0	15,5	—	—
294	22/11	15	нижний	65 43,1	-1,5	-0,1	17,2	—	—
295	01/09	10	верхний	28 26,7	-2,0	+0,1	14,0	—	—
296	14/03	11	нижний	8 32,7	+4,5	0,0	12,5	0	760
297	06/02	12	верхний	7 52,1	-3,2	-0,1	10,0	+35	750
298	21/11	13	нижний	29 48,7	-1,0	+0,1	13,0	—	—
299	02/09	14	верхний	56 14,5	+6,1	0,0	15,5	—	—
300	15/03	15	нижний	65 43,1	+2,5	-0,1	17,2	—	—

4. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Провести текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Теория и устройство секстана».
2. Разобрать порядок исправления высот светил.
3. Выдать задания для самостоятельной работы студентов по решению задач по исправлению высот светил.
4. Выполнить проверку выполнения заданий. Подвести итог по занятию.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Наклонение видимого горизонта, его учет.
2. Рефракция и параллакс светила.
3. Полудиаметр Солнца, Луны.
4. Поправки за температуру и давление.
5. Дополнительные поправки для Венеры и Марса.
6. Исправление высот Солнца, Луны, планет и звёзд.

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.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 11,12,13.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА ПО “ОДНОВРЕМЕННЫМ” НАБЛЮДЕНИЯМ ВЫСОТ СВЕТИЛ, ПРИВЕДЕНИЕ ВЫСОТ К ОДНОМУ ЗЕНИТУ

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Текущий контроль знаний. Приобретение компетенций согласно таблице 11.1.

Таблица 11.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Компетенции согласно ФГОС ВПО			
ПКС-5. Умение определять место судна и поправки судовых компасов по наблюдениям небесных светил с использованием астрономических ежегодников и мореходных таблиц, а также математических методов и компьютерных программ	—	Определение места судна по “одновременным” наблюдениям светил	Структура морских ежегодников, определение координат светил, исправление высот, нахождение обсервованного места судна
Компетенции согласно Кодексу ПДНВ (Раздел А-II/1. Функция «Судовождение на уровне эксплуатации». Сфера компетентности: «Планирование и осуществление перехода и определение местоположения»)			
К-1. Умение использовать небесные тела для определения места судна	—	Определение места судна по “одновременным” наблюдениям светил	Структура морских ежегодников, определение координат светил, исправление высот, нахождение обсервованного места судна

Объем: 6 академических часов.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по вопросам текущего контроля – 30 мин.
2. Порядок решения задач по определению места судна по “одновременным” наблюдениям светил – 40 мин.
3. Самостоятельная работа студентов – решение задач по определению места судна по “одновременным” наблюдениям светил – 160 мин.
4. Подведение итогов занятия – 40 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Бланки для вычислений.
4. Морские астрономические ежегодники.
5. Таблицы для вычисления высот светил.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1. Порядок подготовки к наблюдениям, наблюдения и обработка измерений

Все измерения высот должны относиться к одному месту на земной поверхности (к одному зениту). Это может быть выполнено, если высоты нескольких светил одновременно измеряются несколькими наблюдателями. На практике, измерения выполняет только один наблюдатель с интервалом в несколько минут, такие измерения приводятся к одному зениту, а наблюдения являются условно одновременными.

Днём одновременно могут быть видны Солнце, Луна, а иногда в зрительную трубу, и Венера. Дневные определения места судна по “одновременным” наблюдениям используются редко. Обычно днём определяются по разновременным наблюдениям Солнца, которые рассмотрены в следующей лабораторной работе.

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.

Порядок подготовки к наблюдениям, наблюдения и обработка измерений не зависят от количества светил. Отличия возникают при выборе места судна в фигуре погрешностей и при оценке точности обсервации. Определение места судна выполняется в следующем порядке.

Подготовка к наблюдениям

1. Определяется с помощью МАЕ время начала навигационных сумерек и рассчитываются приближённые счислимые координаты на этот момент.
2. Рассчитывается по МАЕ S_M на начало сумерек и устанавливается звёздный глобус.
3. Подбирается необходимое количество светил. Подготавливаются вычислительные схемы.
4. Рассчитывается поправка хронометра на момент наблюдений по его суточному ходу, определяется поправка индекса, наклонение горизонта. Подготавливаются приборы: заводится и проверяется секундомер проверяется оптика секстана, устанавливается зрительная труба.

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 сначала отыскивают светило, а потом направляют на него трубу с алидадой и барабаном, установленными на “0”.

2. После отыскания светила измеряется его высота (ОС) и фиксируется время измерения (T_{xp}). После измерения высоты последнего светила записывается необходимая для обработки наблюдений информация: судовое время T_c , отсчет лага ол, счислимые координаты φ_c и λ_c , истинный курс ИК, скорость судна V .

3. Если высота какого-либо светила менее 30° , измеряется температура и давление воздуха, необходимые для исправления нормальной астрономической рефракции.

Обработка наблюдений

1. По T_c , на которое записаны счислимые координаты судна и номеру часового пояса (№) определяют дату на гринвичском меридиане и приближенное T_{gr}

$$T_{gr} = T_c \pm \mathcal{N}_E^W,$$

2. Рассчитывают точные значения T_{gr} наблюдений по хронометру

$$T_{gr} = T_{xp} + U_{xp}.$$

Если гринвичское время, найденное по судовому времени больше 12^h , то к показаниям хронометра необходимо прибавить 12^h .

3. С помощью МАЕ рассчитываются экваториальные координаты светил t_M и δ .

4. С помощью калькулятора или по таблицам решаются параллактические треугольники. Рассчитываются h_c и A .

5. Исправляются высоты наблюдаемых светил (ОС) и рассчитываются обсервованные высоты h_o

6. Все наблюдения приводятся к зениту того светила, для которого записано T_c и ол (обычно последнее), для чего рассчитываются поправки Δh_z , и вычисляются приведенные обсервованные высоты

$$h_o^{прив} = h_o + \Delta h_z.$$

7. Рассчитываются элементы высотных линий положений (ВЛП): A – азимуты светил в круговом счете и p – переносы в угловых минутах

$$p = h_o^{прив} - h_c.$$

8. Графически определяют обсервованные координаты места судна, для чего:

- на карте или листе бумаги (произвольно в центре выбирается точка, задается масштаб: 1 см – 1 морская миля) из счислимой точки 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 направлении от светила;*

- полученные на линиях азимутов точки называются определяющими, через них перпендикулярно линиям азимутов проводят ВЛП;

- пересечение ВЛП дает фигуру погрешностей, в которой находится наблюдаемое место судна;

- с рисунка в масштабе морских миль снимаются разность широт $\Delta\varphi$ – расстояние между параллелями счислимой и наблюдаемой точки, отстояние $\Delta\omega$ – расстояние между меридианами этих же точек. Значениям $\Delta\varphi$ и $\Delta\omega$ присваиваются наименования:

$\Delta\varphi$ к N , если наблюдаемая точка севернее счислимой, $\Delta\varphi$ к S , если наблюдаемая точка южнее;

$\Delta\omega$ к E , если наблюдаемая точка восточнее счислимой, $\Delta\omega$ к W , если наблюдаемая точка западнее;

- рассчитывается разность долгот $\Delta\lambda = \Delta\omega / \cos\varphi_c$;

- рассчитываются значения наблюдаемых координат

$$\varphi_o = \varphi_c \pm \Delta\varphi, \quad \lambda_o = \lambda_c \pm \Delta\lambda;$$

- определяется направление и величина невязки (из счислимой точки в наблюдаемую).

Все расчеты выполняются в табличной форме и в строгом соответствии со стандартной схемой решения.

Порядок расчетов рассмотрим на примере:

Пример 07.02.2002 в $T_c=18^h21^m$ судно находилось в точке с координатами $\varphi_c=32^\circ17,6'S$; $\lambda_c=53^\circ39,4'W$; скорость $V=14$ уз; ИК=240°; высота глаза над уровнем моря $e=14,2$ м; поправка хронометра $U_{xp}=-2^m16^s$; поправка секстана $i+s=+1,4'$.

Определили место судна по наблюдениям трех светил

Наименование, номер по МАЕ	Время наблюдений	Отсчет секстана	Наименование, номер по NA
α Ю. Рыбы (157)	$T_{xp1} = 10^h11^m53^s$	$OC_1 = 29^\circ15,0'$	Formalhaut (56)
α Арго (44)	$T_{xp2} = 10^h16^m02^s$	$OC_2 = 55^\circ53,5'$	Canopus (17)
α Ориона (40)	$T_{xp3} = 10^h23^m32^s$	$OC_3 = 41^\circ38,0'$	Betelgeuse (16)

Рассчитать наблюдаемые координаты судна графоаналитическим методом.

Решение

1.Расчёт экваториальных координат светил

						157 (56)	44 (17)	40 (16)
T _c	ZT	18 ^h 21 ^m	7/II	T _{хр}	CT	10 ^h 11 ^m 53 ^c	10 ^h 16 ^m 02 ^c	10 ^h 23 ^m 32 ^c
N _{0W}	ZD	+4		U _{хр}	CE	-2 ^m 16 ^c	-2 ^m 16 ^c	-2 ^m 16 ^c
T _{гp}	UTC (GMT)	22 ^h 21 ^m	7/II	T _{гp}	UTC (GMT)	22 ^h 09 ^m 37 ^c	22 ^h 13 ^m 46 ^c	22 ^h 21 ^m 16 ^c
				S _T	GHA _t	107°50,7'	107°50,7'	107°50,7'
				ΔS	+Corr.	2°24,6'	3°27,1'	5°19,9'
				S _{гp}	GHA _γ	110°15,3'	111°17,8'	113°10,6'
				λ _W	- Long	-53°39,4'	-53°39,4'	-53°39,4'
				S _M	LHA _γ	56°35,9'	57°38,4'	59°31,2'
				τ*	+ SHA	15°34,1'	263°59,7'	271°10,7'
				t _{M W}	LHA*	72°10,0'	321°38,1'	330°41,9'
				t _{M E}	LHA*		38°21,9'	29°18,1'
				δ	Dec	29°36,9'S	52°42,0'S	7°24,4'N

2.Решение параллактического треугольника

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t,$$

$$\operatorname{tg} A = \sin t / (\operatorname{tg} \delta \cos \varphi - \sin \varphi \cos t),$$

	157 (56)	44 (17)	40 (16)
φ	32°17,6'S	32°17,6'S	32°17,6'S
δ	29°36,9'S	52°42,0'S	7°24,4'N
t	72°10,0'W	38°21,9'E	29°18,1'E
h _c	29°16,8'	55°45,2'	41°27,8'
A	251,6°	138,1°	40,4°

3.Исправление высот и приведение к одному зениту

Расчет поправки Δh_z

$$\Delta h_z = \frac{V}{60} \cos(A - \text{ИК}) \Delta T^M,$$

	157 (56)	44 (17)	40 (16)
Тгр (по судовым часам)	22 ^ч 21 ^м	22 ^ч 21 ^м	22 ^ч 21 ^м
Тгр (по хронометру)	22 ^ч 09 ^м 37 ^с	2 ^ч 13 ^м 46 ^с	22 ^ч 21 ^м 16 ^с
ΔT^м	+11 ^м	+7 ^м	-
А круг.	251,6°	138,1°	40,1°
ИК	240°	240°	-
А-ИК	11,6°	258,1°	-
Δh_z	+2,9'	-0,4'	-

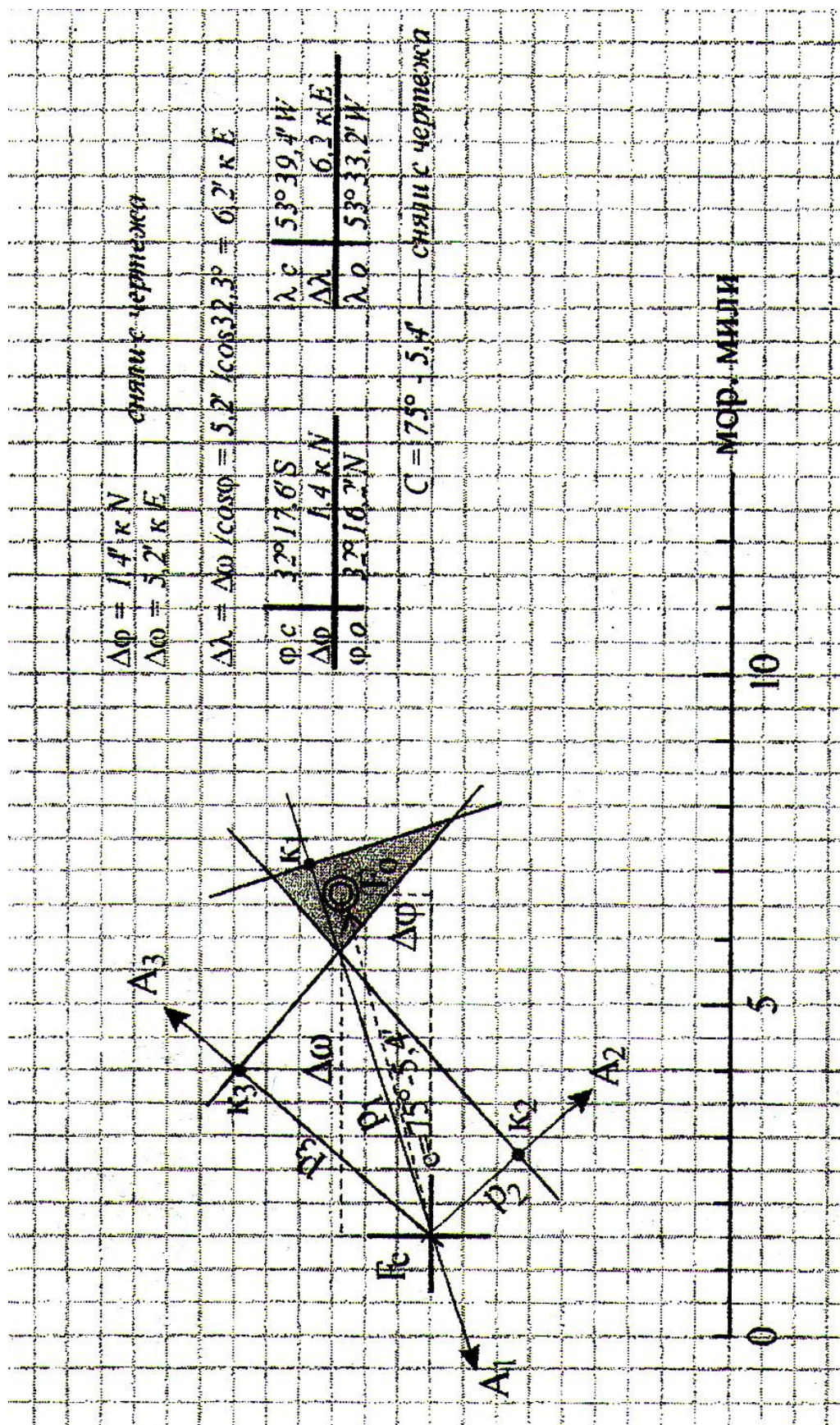
МАЕ-2002

	157	44	40
ОС	29°15,0'	55°53,5'	41°38,0'
i+ s	+1,4'	+1,4'	+1,4'
Δhd	-6,7'	-6,7'	-6,7'
hвид	29°09,7'	55°48,2'	41°32,7'
Δhp	-1,7'	-0,7'	-1,1'
h₀	29°08,0'	55°47,5'	41°31,6'
Δh_z	+2,9'	-0,4'	-
h₀^{прив}	29°10,9'	55°47,1'	41°31,6'
hc	29°16,8'	55°45,2'	41°27,8'
p	-5,9'	+1,9'	+3,8'

Nautical Almanac-2002

	56	17	16
Hs	29°15,0'	55°53,5'	41°38,0'
i+ s	+1,4'	+1,4'	+1,4'
DIP	-6,7'	-6,7'	-6,7'
Ha	29°09,7'	55°48,2'	41°32,7'
Main corr	-1,7'	-0,7'	-1,1'
H₀	29°08,0'	55°47,5'	41°31,6'
Δh_z	+2,9'	-0,4'	-
H₀	29°10,9'	55°47,1'	41°31,6'
Hc	29°16,8'	55°45,2'	41°27,8'
p	-5,9'	+1,9'	+3,8'

4. Графическое нахождение obserвованных координат



3.ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

В задачах №№301-330 определить место судна по “одновременным” наблюдениям трех светил.

№	Дата Тс, ол	φ_c λ_c	ИК, ° V, уз	Светило или его КП(ΔК)	T_{xp} ч м с	ОС ° ′	$U_{xp}^{мс}$ $i+s, 'e, м$
301	1/09 04.46 44,5	34 19.6 N 25 27.6 W	210 21	β Ориона α Лебеда Юпитер	7 05 50 7 12 20 7 16 25	41 34,5 14 42,0 24 43,5	-30 10 -3,1 12,7
302	16/03 18.42 75,1	59 59.5 N 43 41.2 E	30 18	Марс α М.Пса α Лебеда	3 34 03 3 36 55 3 40 42	31 19,5 32 50,5 19 41,0	+1 37 -1,6 17,8
303	14/03 18.18 12,7	8 47.3 N 14 51.6 W	154 16	Венера α Б.Пса β Близнецов	7 11 42 7 15 28 7 20 11	13 50,5 60 16,0 56 14,5	-2 01 +0,8 18,0
304	8/02 17.21 89,4	49 18.8 N 28 42.4 E	238 19	Юпитер Марс α Лиры	3 08 43 3 17 32 3 20 15	35 40,5 42 31,0 13 36,0	+1 09 +1,2 14,1
305	6/02 06.42 78,5	12 47.2 N 36 19.6 W	300 28	α Скорпиона α Лиры α Льва	8 32 31 8 35 54 8 39 48	47 00,0 39 22,5 13 53,0	+2 39 -3,1 16,7
306	23/11 20.42 31,9	59 54.3 S 17 33.5 E	204 18	α Б.Пса α Центавра α Ю.Рыбы	7 35 52 7 40 03 7 44 36	16 17,5 32 15,0 52 44,5	+2 13 -0,6 5,4
307	2/09 06.09 23,8	28 42.1 S 33 41.2 W	29 22	α Б.Пса α Эридана α Тельца	8 11 57 8 16 11 8 20 55	58 56,0 46 53,5 44 49,0	-2 31 +3,2 11,5
308	3/09 19.13 15,7	54 36.8 N 29 18.7 E	150 19	α Орла α Волопаса α Возничего	5 20 04 5 25 23 5 28 38	39 30,0 34 06,5 11 21,0	-6 50 +1,4 16,7
309	14/03 05.42 92,4	13 47.2 S 34 18.6 W	346 20	α Волопаса α Орла α Центавра	7 53 41 7 57 30 8 01 53	40 15,5 40 19,5 36 57,0	-15 10 -1,8 12,9
310	16/03 18.35 47,1	2 56.3 N 12 42.3 E	175 17	Венера Юпитер α Б.Пса	5 33 58 5 37 14 5 41 39	10 00,0 68 50,5 68 30,0	+1 12 +7,8 11,5

№	Дата Тс ОЛ	φ_c λ_c	ИК, ^о V,uz	Светило или КП(ΔК) светила	T _{хр} ^{ч м с}	ОС ° '	U _{хр} ^{м с} i+s, ['] e, м
311	1/09 04.21 15,6	54 19.6 N 25 27.6 W	210 21	Юпитер α Лиры α Тельца	6 43 27 6 48 46 6 51 25	20 50,5 12 45,0 49 33,0	-30 10 -3,1 12,7
312	8/02 18.18 61,9	29 59.5 N 43 41.2 E	30 18	α Б.Пса α Возничего Марс	3 07 59 3 11 37 3 16 44	22 01,5 62 45,0 46 58,5	+1 37 -1,6 17,8
313	14/03 05.42 98,3	58 47.3 N 14 51.6 W	154 16	α Лиры α Волопаса α Возничего	6 40 48 6 44 12 6 48 51	65 20,5 39 40,5 14 55,0	-2 01 +0,8 18,0
314	23/11 17.18 36,2	29 18.8 N 28 42.4 E	238 19	α Лиры α Ю.Рыбы α Персея	3 12 34 3 17 05 3 20 39	55 44,5 26 56,0 22 21,0	+1 09 +1,2 14,1
315	6/02 06.46 27,5	32 47.2 N 36 19.6 W	300 28	α Скорпиона α Лиры α Льва	8 36 02 8 39 58 8 43 33	28 42,0 50 51,5 15 26,0	+2 39 -3,1 16,7
316	3/09 17.38 16,1	29 54.3 S 17 33.5 E	204 18	Венера α Орла α Центавра	4 36 01 4 40 13 4 44 38	44 01,5 30 41,0 52 35,0	+2 13 -0,6 5,4
317	21/11 07.13 19,3	48 42.1 N 33 41.2 W	29 22	Сатурн Венера α Лиры	9 12 13 9 15 49 9 21 19	25 18,5 18 23,0 15 44,5	-2 31 +3,2 11,5
318	16/03 18.18 33,7	54 36.8 N 29 18.7 E	150 19	Марс α М.Пса α Лебедя	4 20 36 4 25 04 4 28 45	35 50,0 36 11,5 16 00,0	-6 50 +1,4 16,7
319	1/09 06.09 76,9	33 47.2 S 34 18.6 W	346 20	Сатурн α Арго α Ю.Рыбы	8 24 24 8 28 46 8 34 00	31 24,5 63 17,0 18 56,0	-15 10 -1,8 12,9
320	8/02 18.18 92,1	22 56.3 N 12 42.3 E	175 17	α Б.Пса α Возничего Марс	5 08 29 5 12 24 5 17 02	25 00,0 56 52,5 50 28,5	+1 12 +7,8 11,5

№	Дата Тс ОЛ	φ_c λ_c	ИК, ^о V,уз	Светило или КП(ΔК) светила	Т _{хр} ^{ч м с}	ОС ^{о'}	$U_{хр}^{мс}$ $i+s,$ e, м
321	14/03 18.21 15,2	44 19.6 S 25 27.6 W	210 21	α Центавра α М.Пса Марс	8 43 14 8 48 25 8 51 36	23 01,0 36 23,5 12 24,0	-30 10 -3,1 12,7
322	8/02 19.42 28,5	39 59.5 S 43 41.2 E	30 18	α Б.Пса α Арго Марс	4 34 03 4 36 50 4 40 33	55 13,5 69 23,0 19 16,5	+1 37 -1,6 17,8
323	21/11 05.42 57,6	18 47.3 N 14 51.6 W	154 16	Венера α Б.Пса α Возничего	6 40 15 6 44 21 6 48 41	20 48,0 33 49,5 28 55,5	-2 01 +0,8 18,0
324	3/09 17.42 62,7	59 18.8 S 28 42.4 E	238 19	Венера α Арго α Орла	3 34 22 3 41 08 3 45 28	34 30,0 24 32,5 11 17,0	+1 09 +1,2 14,1
325	14/03 06.09 78,2	22 47.2 S 36 19.6 W	300 28	α Волопаса α Орла α Центавра	8 06 44 8 11 08 8 16 12	30 18,0 40 44,5 43 03,5	+2 39 -3,1 16,7
326	8/02 18.09 22,9	19 54.3 N 17 33.5 E	204 18	Марс α Б.Пса α Возничего	5 07 02 5 11 30 5 16 07	49 05,0 31 27,5 57 39,0	+2 13 -0,6 5,4
327	21/11 04.42 95,9	38 42.1 S 33 41.2 W	29 22	α Ориона α Арго Венера	6 37 55 6 41 08 6 44 43	32 55,0 65 06,5 14 50,0	-2 31 +3,2 11,5
328	3/09 17.38 55,1	44 36.8 S 29 18.7 E	150 19	Венера α Эридана α Орла	3 45 04 3 49 23 3 53 05	41 41,5 18 11,5 20 43,5	-6 50 +1,4 16,7
329	14/03 06.10 10,6	23 47.2 N 34 18.6 W	346 20	α Лиры α Волопаса α Скорпиона	8 24 47 8 28 31 8 33 36	67 57,0 46 27,5 37 53,0	-15 10 -1,8 12,9
330	8/02 18.46 88,0	12 56.3 S 12 42.3 E	175 17	Юпитер Марс α Арго	5 37 05 5 41 25 5 44 58	35 57,5 43 09,0 39 58,5	+1 12 +7,8 11,5

4. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Провести текущий контроль знаний студентов за полсеместра в виде устного опроса по вопросам текущего контроля.
2. Разобрать порядок решения задач по определению места судна по “одновременным” наблюдениям светил.
3. Выдать задания для самостоятельной работы студентов по решению задач по определению места судна по “одновременным” наблюдениям светил.
4. Выполнить проверку выполнения заданий. Подвести итог по занятию.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Общие принципы астрономического определения места судна.
2. Круг равных высот.
3. Высотная линия положения.
4. Наивыгоднейшие условия определения места, широты и долготы.
5. Свойства высотных линий.
6. Прокладка линий на карте и плане (маневренном планшете).
7. Оценка точности линии положения.
8. Определение места по одновременным наблюдениям светил.
9. Приведение измеренных высот к одному зениту.

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.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 14,15.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СУДНА ПО “РАЗНОВРЕМЕННЫМ” НАБЛЮДЕНИЯМ ВЫСОТ СОЛНЦА

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Приобретение компетенций согласно таблице 14.1.

Таблица 14.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Компетенции согласно ФГОС ВПО			
ПКС-5. Умение определять место судна и поправки судовых компасов по наблюдениям небесных светил с использованием астрономических ежегодников и мореходных таблиц, а также математических методов и компьютерных программ	—	Определение места судна по “разновременным” наблюдениям высот Солнца	Структура морских ежегодников, определение координат светил, исправление высот Солнца, нахождение обсервованного места судна
Компетенции согласно Кодексу ПДНВ (Раздел А-П/1. Функция «Судовождение на уровне эксплуатации». Сфера компетентности: «Планирование и осуществление перехода и определение местоположения»)			
К-1. Умение использовать небесные тела для определения места судна	—	Определение места судна по “разновременным” наблюдениям высот Солнца	Структура морских ежегодников, определение координат светил, исправление высот Солнца, нахождение обсервованного места судна

Объем: 4 академических часа.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «ОМС по одновременным наблюдениям светил» – 10 мин.
2. Порядок решения задач по определению места судна по “разновременным” наблюдениям Солнца – 20 мин.
3. Самостоятельная работа студентов – решение задач по определению места судна по “разновременным” наблюдениям Солнца – 130 мин.
4. Подведение итогов занятия – 20 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Бланки для вычислений.

4. Морские астрономические ежегодники.
5. Таблицы для вычисления высот светил.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1. Порядок подготовки к наблюдениям, наблюдения и обработка измерений

Особенности определения места судна по Солнцу

Днём на небе видно только одно светило - Солнце. Тем не менее, по нему можно определить место судна.

Астронавигационные определения места судна по одному небесному светилу (Солнцу), выполняемые со значительным промежутком времени между наблюдениями называются *разновременными*.

В расчетах элементов первой ВЛП используются счислимые координаты судна на момент первых наблюдений, а для второй ВЛП – координаты второй счислимой точки, соответствующей моменту вторых наблюдений.

Таким образом, каждая точка первой ВЛП за время $T_2 - T_1$ переместилась по тому же направлению и на то же расстояние, что и счислимая точка. Можно утверждать, что в момент T_2 место судна находится на пересечении второй ВЛП и перенесённой по счислению первой ВЛП. Перенесение по счислению первой ВЛП сводится к построению её от второй счислимой точки вместе со второй ВЛП.

Особенностью графических построений в задачах разновременных обсерваций является то, что построения выполняются при второй счислимой точке, расчет обсервованных координат проводится для второго счислимого места. В этом случае поправка обсервованных высот за приведение к одному зениту не проводится. Обсервацию получаем на момент вторых наблюдений.

Следует помнить, что точность обсервованного места падает с уменьшением угла пересечения ВЛП, поэтому при определении места судна по Солнцу используют его ВЛП, полученные с интервалом времени достаточным, чтобы его азимут изменился более, чем на 30° .

Решение задачи выполняется по стандартной схеме, ход решения рассмотрим на примере.

Пример 15.03.2002 в $T_c=10^h47^m$ судно находилось в точке с координатами $\varphi_{c1}=31^\circ18,0'N$; $\lambda_{c1}=141^\circ27,3'W$. Наблюдали высоту нижнего края Солнца: $T_{xp1}=07^h49^m20^s$; $OC_1=47^\circ52,5'$.

В $T_c=13^h22^m$ судно находилось в точке с координатами $\varphi_{c2}=30^\circ55,8'N$; $\lambda_{c2}=142^\circ16,3'W$. Наблюдали высоту нижнего края Солнца: $T_{xp2}=10^h34^m04^s$; $OC_2=55^\circ16,0'$.

Прочие условия: высота глаза над уровнем моря $e=14,5m$; поправка хронометра $U_{xp}=-2^m30^s$; поправка секстана $i+s=+2,1'$.

Рассчитать обсервованные координаты судна графоаналитическим методом по разновременным наблюдениям Солнца.

Решение

1.Расчёт экваториальных координат светил

					MAE			NA		
		1 набл			1 набл	2 набл		1 набл	2 набл	
T _c	ZT	10 ^h 47 ^m	15/3	T _{хр}	07 ^h 49 ^m 20 ^c	10 ^h 34 ^m 04 ^c	CT	07 ^h 49 ^m 20 ^s	10 ^h 34 ^m 04 ^s	
N _о	ZD	+9W		U _{хр}	-2 ^m 30 ^c	-2 ^m 30 ^c	CE	-2 ^m 30 ^s	-2 ^m 30 ^s	
T _{Гр}	UTC (GMT)	19 ^h 47 ^m	15/3	T _{Гр}	19 ^h 46 ^m 50 ^c	22 ^h 31 ^m 34 ^c	UTC (GMT)	19 ^h 46 ^m 50 ^s	22 ^h 31 ^m 34 ^s	
		2 набл		t _T	102°46,9'	147°47,4'	GHA _t	102°46,9'	147°47,5'	
T _c	ZT	13 ^h 22 ^m	15/3	Δt ₁	11°41,7'	7°53,0'	Corr.	11°42,5'	7°53,5'	
N _о	ZD	+9W		Δt ₂	+0,9'	+0,6'	v Corr.	-	-	
T _{Гр}	UTC (GMT)	22 ^h 22 ^m	15/3	t _{Гр}	114°29,5'	155°41,0'	GHA	114°29,4'	155°41,0'	
					λ _W	-141°27,3'	-142°16,3'	Long	-141°27,3'	- 142°16,3'
					t _{M W}	333°02,2'	13°24,7'	LHA _W	333°02,1'	13°24,7'
					t _{M E}	26°57,8'		LHA _E	26°57,9'	
					δ _T	1°58,9' S	1°55,9' S	Dect	1°58,9' S	1°55,9' S
					Δδ	-0,7'	-0,5'	d Corr.	-0,8'	-0,5'
					δ _T	1°58,2' S	1°55,4' S	Dec	1°58,1' S	1°55,4' S

2.Решение параллактического треугольника

$$\sinh = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos t,$$

$$\operatorname{tg} A = \sin t / (\operatorname{tg} \delta \cos \varphi - \sin \varphi \cos t),$$

	1 набл	2 набл
φ	31°18,0'N	30°55,8'N
δ	1°58,2' S	1°55,4'S
t	26°57,8'E	13°24,7'W
h _c	48°00,6'	54°45,2'
A	137,4°	203,7°

3.Исправление высот

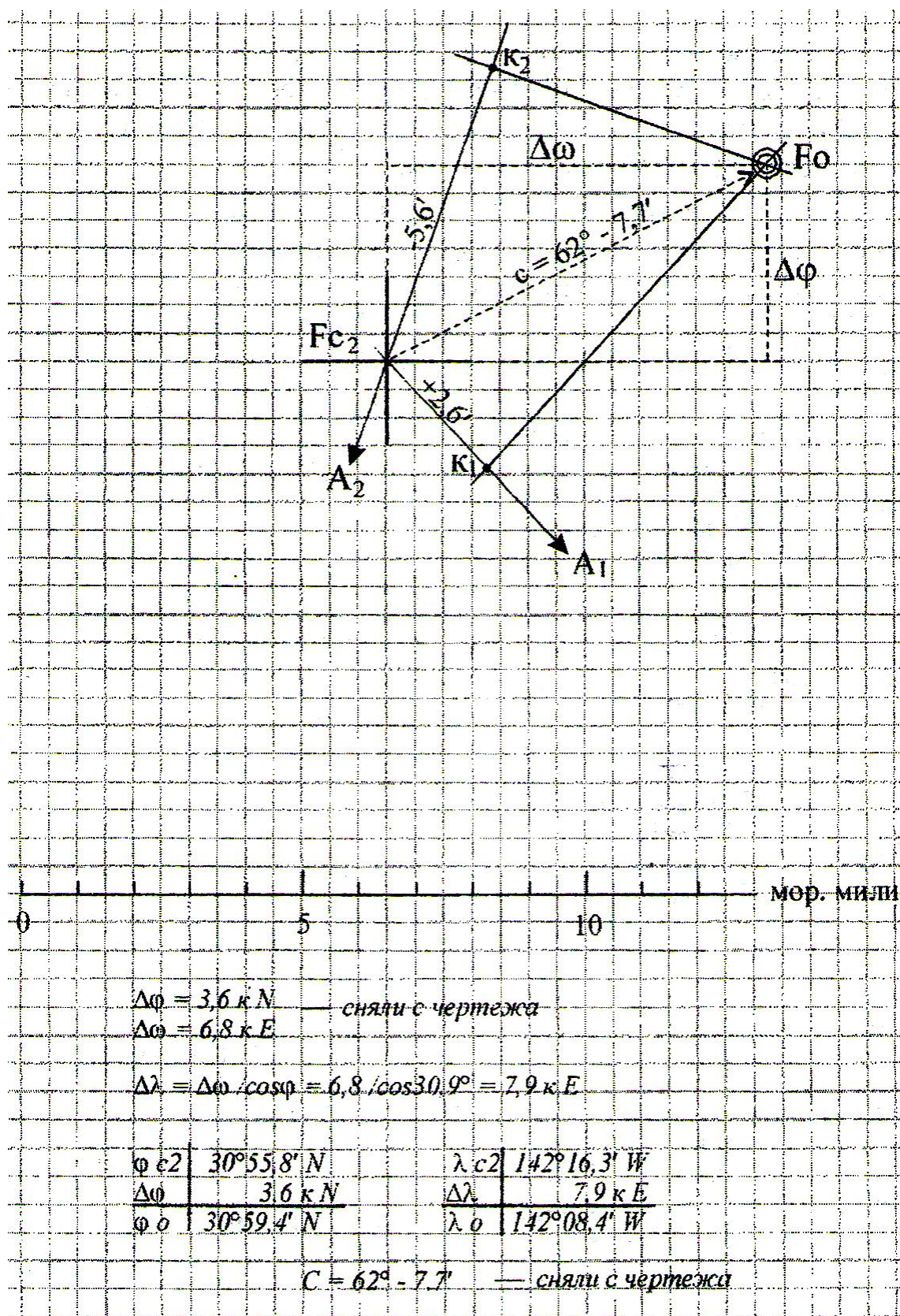
MAE-2002

	1 набл	2 набл
OC	47°52,5'	55°16,0'
i+ s	+2,1'	+2,1'
Δhd	-6,7'	-6,7'
hвид	47°47,9'	55°11,4'
Δhpp	-0,8'	-0,6'
R	+16,1'	+16,1'
h ₀	48°03,2'	55°26,9'
hc	48°00,6'	55°32,5'
p	+2,6'	-5,6'

Nautical Almanac-2002

	1 набл	2 набл
Hs	47°52,5'	55°16,0'
i+ s	+2,1'	+2,1'
DIP	-6,7'	-6,7'
Ha	47°47,9'	55°11,4'
Main corr.	+15,4'	+15,6'
H ₀	48°03,3'	55°27,0'
Hc	48°00,6'	55°32,5'
p	+2,7'	-5,5'

4. Графическое нахождение obserвованных координат



3.ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

В задачах №№331-360 определить место судна по “разновременным” наблюдениям Солнца.

№	Дата	$\frac{T_c}{O_L}$	φ_c λ_c	Солнце	$T_{xp}^{чмс}$	ОС ° ' "	$U_{xp}^{мс}$ $i+s,$ $e, м$
331	1/09	$\frac{14.09}{54,3}$ $\frac{16.42}{80,0}$	69 43,7 N 176 48,3 W 70 02,4 N 177 30,1 W		2 13 22 4 46 15	24 36,5 13 37,0	-4 10 +2.3 15.3
332	14/03	$\frac{14.35}{12,3}$ $\frac{17.38}{70,0}$	49 38,4 S 91 27,6 W 49 07,1 S 92 39,0 W		8 33 08 11 35 55	34 33,5 8 56,0	+2 14 -1.6 12.7
333	8/02	$\frac{10.45}{27,1}$ $\frac{13.42}{76,2}$	43 52,5 N 138 17,6 E 43 29,8 N 137 15,9 E		1 33 43 4 31 20	29 02,5 27 46,0	+11 21 -3.5 14.0
334	22/11	$\frac{13.35}{24,0}$ $\frac{16.09}{69,2}$	44 37,6 S 52 15,0 W 45 23,2 S 52 28,7 W		4 28 43 7 02 56	60 53,0 36 38,5	+6 25 +2.5 17.5
335	1/09	$\frac{13.09}{63,6}$ $\frac{16.35}{19,0}$	61 22,4 N 59 17,5 W 60 46,8 N 57 55,7 W		5 39 24 9 05 15	35 38,0 16 46,5	-30 10 -3,1 12,7
336	15/03	$\frac{08.18}{55,4}$ $\frac{11.09}{00,7}$	50 24,5 N 146 50,0 E 49 47,9 N 147 36,2 E		10 16 38 01 07 50	16 40,0 36 12,5	+1 37 -1,6 17,8

№	Дата	$\frac{T_c}{O_L}$	Φ_c λ_c	Солнце	$T_{xp}^{ЧМС}$	ОС °	$U_{xp}^{МС}$ $i+s,$ $e, м$
337	7/02	<u>09.42</u> 85,6 <u>14.09</u> 23,7	31 02,5 S 14 51,6 E 30 33,4 S 14 18,3 E		08 44 12 01 11 28	52 11,5 60 30,0	-2 01 +0,8 18,0
338	22/11	<u>14.10</u> 10,5 <u>17.46</u> 78,5	49 30,0 S 89 27,5 W 48 41,9 S 90 40,9 W		08 08 38 11 45 13	49 10,5 15 55,0	+1 09 +1,2 14,1
339	2/09	<u>10.36</u> 12,0 <u>13.38</u> 69,0	29 47,0 S 59 24,5 E 29 58,2 S 58 18,0 E		06 33 05 09 35 50	47 24,0 46 34,5	+2 39 -3,1 16,7
340	15/03	<u>08.35</u> 42,5 <u>11.39</u> 99,5	35 20,5 S 58 37,0 E 35 20,5 S 57 30,0 E		04 33 04 07 36 33	29 46,5 55 56,0	+2 13 -0,6 5,4
341	7/02	<u>13.09</u> 50,8 <u>15.47</u> 87,9	53 00,1 S 64 55,2 W 53 04,6 S 65 48,7 W		05 11 54 07 49 22	51 55,5 37 15,5	-2 31 +3,2 11,5
342	22/11	<u>10.10</u> 83,5 <u>13.09</u> 37,5	61 15,5 S 72 38,4 W 60 42,5 S 71 17,3 W		03 08 43 06 08 05	46 38,0 46 18,5	+1 09 +1,2 14,1
343	2/09	<u>11.38</u> 24,7 <u>13.46</u> 54,7	29 45,1 N 121 04,8 W 29 26,8 N 120 35,3 W		07 34 13 10 42 00	67 41,0 46 10,5	+4 11 -2,7 20,0
344	15/03	<u>08.36</u> 39,5 <u>12.09</u> 89,6	39 47,5 S 165 32,7 E 39 10,3 S 165 49,2 E		09 42 08 01 15 39	29 40,5 53 29,0	-6 23 +3,5 19,5

№	Дата	$\frac{T_c}{O_L}$	φC λC	Солнце	ТхрЧ М С	ОС ° '	$U_{xp, M C}$ $i+s, '$ e, m
345	7/02	<u>10.36</u> <u>52,3</u> <u>13.09</u> <u>92,3</u>	20 44,4 N 112 11,2 E 20 05,0 N 112 07,5 E		03 33 09 06 06 37	50 32,0 49 25,5	+2 45 -4.2 11.5
346	22/11	<u>11.10</u> <u>18,5</u> <u>13.18</u> <u>54,5</u>	8 31,0 N 109 17,0 E 9 05,8 N 109 26,4 E		04 15 01 06 23 32	61 20,0 50 35,5	-5 20 +2.4 16.0
347	2/09	<u>10.22</u> <u>14,6</u> <u>13.42</u> <u>64,2</u>	53 27,6 N 43 47,5 W 53 01,3 N 45 03,6 W		01 18 38 04 38 55	41 05,0 40 43,5	+3 10 -1.5 18.5
348	15/03	<u>11.09</u> <u>12,2</u> <u>14.22</u> <u>67,6</u>	26 45,5 N 149 27,4 E 26 04,8 N 148 41,9 E		01 19 44 04 32 15	57 42,0 48 26,5	-10 22 +4.6 16.0
349	7/02	<u>08.47</u> <u>80,8</u> <u>12.35</u> <u>29,8</u>	48 42,5 S 151 28,7 E 48 03,4 S 150 39,3 E		10 41 14 02 29 36	37 45,5 57 20,0	+5 35 -2.7 8.5
350	22/11	<u>14.18</u> <u>21,4</u> <u>17.22</u> <u>77,5</u>	54 27,3 S 162 18,4 W 53 49,8 S 163 29,6 W		01 22 43 04 26 06	44 19,5 19 20,0	-4 20 +3.2 10.0
351	21/11	<u>07.22</u> <u>18,2</u> <u>10.47</u> <u>75,4</u>	35 18,2 S 92 46,5 W 34 25,6 S 93 13,8 W		01 16 36 04 41 40	28 52,0 68 55,5	+5 12 -3.3 15.0
352	15/03	<u>07.42</u> <u>57,6</u> <u>11.09</u> <u>18,7</u>	56 32,5 N 18 28,2 E 55 43,1 N 17 11,3 E		06 50 04 10 17 12	12 50,5 31 40,0	-7 50 +2.6 19.5

№	Дата	$\frac{T_c}{O_L}$	φ_c λ_c	Солнце	$T_{xp}^{чмс}$	ОС ° ,	$U_{xp}^{мс}$ $i+s,$ $e, м$
353	7/02	<u>10.36</u> 96,9 <u>13.10</u> 35,8	56 40,5 S 62 31,3 E 57 02,5 S 63 24,8 E		06 31 26 09 05 19	45 52,5 46 40,0	+4 25 -1.8 14.2
354	1/09	<u>14.09</u> 63,6 <u>17.35</u> 19,0	63 22,4 N 59 17,5 W 63 46,8 N 57 55,7 W		6 39 24 10 05 15	30 24,5 9 32,0	-30 10 -3,1 12,7
355	15/03	<u>08.18</u> 55,4 <u>11.09</u> 00,7	53 24,5 N 146 50,0 E 52 47,9 N 147 36,2 E		10 16 38 01 07 50	15 22,5 33 31,0	+1 37 -1,6 17,8
356	7/02	<u>09.42</u> 85,6 <u>12.09</u> 23,7	33 02,5 S 14 51,6 E 32 33,4 S 14 18,3 E		08 44 12 11 11 28	51 35,5 73 05,0	-2 01 +0,8 18,0
357	22/11	<u>14.10</u> 10,5 <u>17.46</u> 78,5	49 30,0 S 89 17,5 W 48 41,9 S 90 30,9 W		08 08 38 11 45 13	49 10,5 15 44,0	+1 09 +1,2 14,1
358	2/09	<u>10.36</u> 12,0 <u>13.38</u> 69,0	29 27,0 S 59 34,5 E 29 38,2 S 58 28,0 E		06 33 05 09 35 50	47 40,5 46 50,0	+2 39 -3,1 16,7
359	2/09	<u>11.38</u> 24,7 <u>13.46</u> 54,7	29 25,1 N 121 24,8 W 29 06,8 N 120 55,3 W		07 34 13 10 42 00	67 57,5 46 33,0	+4 11 -2.7 20.0
360	15/03	<u>08.36</u> 39,5 <u>12.09</u> 89,6	38 47,5 S 166 32,7 E 38 10,3 S 166 49,2 E		09 42 08 01 15 39	30 47,0 54 28,5	-6 23 +3.5 19.5

4. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Провести текущий контроль знаний студентов по теме «ОМС по одновременным наблюдениям светил».
2. Разобрать порядок решения задач по определению места судна по “разновременным” наблюдениям Солнца.
3. Выдать задания для самостоятельной работы студентов по решению задач по определению места судна по “разновременным” наблюдениям Солнца.
4. Выполнить проверку выполнения заданий. Подвести итог по занятию.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Определение места по разновременным наблюдениям Солнца.
2. Прокладка линий на карте и плане (маневренном планшете).
3. Оценка точности линии положения.

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.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 16.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРОТЫ МЕСТА СУДНА ПО МЕРИДИОНАЛЬНОЙ ВЫСОТЕ СОЛНЦА

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Приобретение компетенций согласно таблице 16.1.

Таблица 16.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Компетенции согласно ФГОС ВПО			
ПКС-5. Умение определять место судна и поправки судовых компасов по наблюдениям небесных светил с использованием астрономических ежегодников и мореходных таблиц, а также математических методов и компьютерных программ	—	Определение широты места судна по меридиональной высоте Солнца	Структура морских ежегодников, определение координат светил, нахождение обсервованного места судна
Компетенции согласно Кодексу ПДНВ (Раздел А-II/1. Функция «Судовождение на уровне эксплуатации». Сфера компетентности: «Планирование и осуществление перехода и определение местоположения»)			
К-1. Умение использовать небесные тела для определения места судна	—	Определение широты места судна по меридиональной высоте Солнца	Структура морских ежегодников, определение координат светил, нахождение обсервованного места судна

Объем: 2 академических часа.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «ОМС по разновременным наблюдениям Солнца» – 20 мин.
2. Порядок решения задач по определению широты места судна по меридиональной высоте Солнца – 50 мин.
4. Подведение итогов занятия – 20 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Бланки для вычислений.
4. Морские астрономические ежегодники.
5. Таблицы для вычисления высот светил.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1. Определение широты места судна по меридиональной высоте солнца

Меридиональная высота и склонение Солнца связаны с широтой места соотношением:

- для верхней кульминации $\varphi = (90^\circ - H) + \delta$;
- для нижней кульминации $\varphi = H + (90^\circ - \delta)$.

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

Наименование δ выбирается из МАЕ, а наименование Z противоположно наименованию той точки горизонта, над которой наблюдалась меридиональная высота Солнца.

Для нижней кульминации (наблюдение около полуночи) обсервованная высота складывается с полярным дополнением $\angle = 90^\circ - \delta$.

Пример

14.03.02 г. в момент верхней кульминации измерена меридиональная высота верхнего края Солнца $OC=52^\circ 38,4'$ к S; ол =30,2; $\lambda c=76^\circ 04'W$, i+s =-0,3'; e= 13,5 м.

Определить время верхней кульминации Солнца и обсервованную широту.

Решение

1. Определяется с помощью МАЕ время верхней кульминации Солнца

Тк	Mer. Pass.	12 ^h 09 ^m	14.03	Время кульминации Солнца, выбирается из ЕТ МАЕ по дате наблюдения
λ_w	Long.	+05 ^h 04 ^m		Долгота судна, переведенная в часы и минуты
Тгр	UTC (GMT)	17 ^h 13 ^m	14.03	Гринвичское время
№ _w	ZD	- 5		Номер часового пояса
Тс	ZT	12 ^h 13 ^m	14.03	Судовое время

2. На $T_{гр} = 17^h 13^m$ выбирается из МАЕ склонение (Dec) Солнца

δ_T	<i>Dect</i>	$2^\circ 24,6' S$	Табличное значение склонения, выбирается из ЕТ МАЕ по дате и часам $T_{гр}$
$\Delta\delta$	<i>d Corr.</i>	$-0,2'$	Поправка за склонение, выбирается из ИТ МАЕ по величине разности $\Delta(d) = -0,9'$ в графе по минутам $T_{гр}$
δ_T	<i>Dec</i>	$2^\circ 24,4' S$	Склонение Солнца

3. Исправляется измеренная высота Солнца и рассчитывается обсервованная широта

ОС	Hs	$52^\circ 38,4' S$	Отсчет секстана
$i + s$	$i + s$	$-0,3'$	Поправка секстана
Δhd	DIP	$-6,5'$	Поправка за наклонение
$h_{вид}$	Ha	$52^\circ 31,6'$	Видимая высота
$\Delta h_{пр}$	Main corr.	$-0,7'$	Поправка за рефракцию и параллакс
R		$+16,1'$	
h_0	H_0	$52^\circ 47,1' S$	Обсервованная меридиональная высота
Z		$37^\circ 12,9' N$	Зенитное расстояние
δ	<i>Dec</i>	$2^\circ 24,4' S$	Склонение Солнца
φ_0	<i>Lat. obs.</i>	$34^\circ 48,5' N$	Обсервованная широта места судна

Ответ: 14.03.02. $T_c = 12^h 13^m$, $\varphi_0 = 34^\circ 48,5' N$.

3. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Провести текущий контроль знаний студентов по теме «ОМС по разновременным наблюдениям Солнца».
2. Разобрать порядок решения задач по определению широты места судна по меридиональной высоте Солнца.
3. Подвести итог по занятию.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Меридиональная высота светила.
2. Зенитное расстояние.
3. Определение широты места по меридиональной высоте.

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.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №17.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРОТЫ МЕСТА СУДНА ПО ВЫСОТЕ ПОЛЯРНОЙ ЗВЕЗДЫ

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Приобретение компетенций согласно таблице 17.1.

Таблица 17.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Компетенции согласно ФГОС ВПО			
ПКС-5. Умение определять место судна и поправки судовых компасов по наблюдениям небесных светил с использованием астрономических ежегодников и мореходных таблиц, а также математических методов и компьютерных программ	—	Определение широты места судна по высоте Полярной звезды	Структура морских ежегодников, определение координат светил, нахождение обсервованного места судна
Компетенции согласно Кодексу ПДНВ (Раздел А-П/1. Функция «Судовождение на уровне эксплуатации». Сфера компетентности: «Планирование и осуществление перехода и определение местоположения»)			
К-1. Умение использовать небесные тела для определения места судна	—	Определение широты места судна по высоте Полярной звезды	Структура морских ежегодников, определение координат светил, нахождение обсервованного места судна

Объем: 2 академических часа.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «определение широты судна по меридиональной высоте Солнца Солнца» – 20 мин.
3. Порядок решения задач по определению широты места судна по высоте Полярной звезды – 50 мин.
4. Подведение итогов занятия – 20 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Бланки для вычислений.
4. Морские астрономические ежегодники.
5. Таблицы для вычисления высот светил.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1. Определение широты по высоте полярной звезды

В северных широтах широту места судна можно определить по высоте Полярной звезды. Для этого к исправленной всеми поправками измеренной высоте прибавляются три поправки, которые выбираются из МАЕ (NA).

Пример

16.03.02 г. $T_c = 18^h 35^m$, ол=12,4, $\lambda_c = 38^\circ 40,5' W$. Измерили высоту Полярной звезды: $OC = 42^\circ 26,3'$, $T_{xp} = 9^h 37^m 43^s$, $U_{xp} = -2^m 17^s$, $i+s = -0,8'$; $e = 14,7^m$.

Определить наблюдаемую широту.

Решение

1. Рассчитывается с помощью МАЕ местное звездное время

T_c	ZT	$18^h 35^m$	16.03	T_{xp}	CT	$9^h 37^m 43^s$
N_{2W}	ZD	+3		U_{xp}	CE	$-2^m 17^s$
$T_{гр}$	UTC (GMT)	$21^h 35^m$	16.03	$T_{гр}$	UTC (GMT)	$21^h 35^m 26^s$
				S_T	GHA_t	$129^\circ 16,3'$
				ΔS	$Corr.$	$8^\circ 53,0'$
				$S_{ГР}$	GHA	$138^\circ 09,3'$
				λ_W	$Long$	$-38^\circ 40,5'$
				S_M	LHA_γ	$99^\circ 28,8'$

1. Исправляется измеренная высота, выбираются из таблицы “Широта по высоте Полярной” в МАЕ, “Polaris tables” в NA три поправки и рассчитывается наблюдаемая широта

OC	Hs	$42^\circ 26,3'$	Отсчет секстана
$i+s$	$i+s$	$-0,8'$	Поправка секстана
Δh_d	DIP	$-6,8'$	Поправка за наклонение
$h_{вид}$	Ha	$42^\circ 18,7'$	Видимая высота
Δh_p	Main corr.	$-1,1'$	Поправка за рефракцию
h_0	Ho	$42^\circ 17,6'$	Обсервованная высота
I	a_0	$-21,1'$ $37,9'$	Первая поправка выбирается по S_M (LHA_γ)
II	a_1	$+0,2'$ $0,5'$	Вторая поправка выбирается по S_M (LHA_γ) и высоте
III	a_2	$+0,3'$ $0,9'$	Третья поправка выбирается по S_M (LHA_γ) и дате
φ_0	Lat. obs.	$41^\circ 57,0' N$	Обсервованная широта места судна. Для NA: $Lat\ obs. = a_0 + a_1 + a_2 - 1^\circ$

Ответ: 16.03.02г. $T_c = 18^h 35^m$, ол=12,4, $\varphi_0 = 41^\circ 57,0' N$.

3. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Провести текущий контроль знаний студентов по теме «ОМС по разновременным наблюдениям Солнца».
2. Разобрать порядок решения задач по определению широты места судна по меридиональной высоте Солнца.
3. Разобрать порядок решения задач по определению широты места судна по высоте Полярной звезды.
4. Подвести итог по занятию.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

4. Меридиональная высота светила.
5. Зенитное расстояние.
6. Определение широты места по меридиональной высоте.
7. Определение широты места по высоте Полярной звезды.
8. Выборка поправок из таблицы «Широта по высоте Полярной».

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.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 18,19.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВКИ КОМПАСА

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Приобретение компетенций согласно таблице 18.1.

Таблица 18.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Компетенции согласно ФГОС ВПО			
ПКС-5. Умение определять место судна и поправки судовых компасов по наблюдениям небесных светил с использованием астрономических ежегодников и мореходных таблиц, а также математических методов и компьютерных программ	—	Пеленгование светил, определение азимута, определение поправки компаса	Структура морского ежегодника, азимут светила
Компетенции согласно Кодексу ПДНВ (Раздел А-II/1. Функция «Судовождение на уровне эксплуатации». Сфера компетентности: «Планирование и осуществление перехода и определение местоположения»)			
К-9. Умение определять поправки гиро- и магнитных компасов с использованием средств мореходной астрономии и учитывать эти поправки	—	Пеленгование светил, определение азимута, определение поправки компаса	Структура морского ежегодника, азимут светила

Объем: 4 академических часа.

Содержание:

1. Текущий контроль знаний студентов в виде устного опроса по теме «Определение широты по меридиональной высоте Солнца, по высоте Полярной» – 10 мин.
2. Определение поправки компаса астрономическими способами – 20 мин.
3. Самостоятельная работа студентов – решение задач по определению поправки компаса – 130 мин.
4. Подведение итогов занятия – 20 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Бланки для вычислений.
4. Морские астрономические ежегодники.
5. Таблицы для вычисления азимутов светил.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

В общем случае поправку компаса рассчитывают по формуле

$$\Delta K = ИП - КП,$$

где – *ИП* - истинный пеленг (азимут) светила в момент пеленгования;

КП - компасный пеленг светила.

Суть определения поправки компаса сводится к вычислению Азимута (ИП) светила на момент взятия компасного пеленга (КП) и сравнения этих двух величин между собой.

Основными видами определения поправки компаса являются:

- определение ΔK методом моментов;
- определение ΔK по видимому восходу (заходу) Солнца;
- определение ΔK по высоте Полярной звезды.

2.1. Определение поправки компаса по методу моментов

Метод моментов является основным и наиболее точным астрономическим способом определения ΔK . Для определения поправки компаса необходимо:

- взять пеленг на установившемся курсе с точностью до $\pm 0,1^\circ$ и заметить момент по хронометру с точностью до 5^c ;
- заметить и записать судовое время (T_c), отсчет лага (ол) и компасный курс (КК);
- снять с карты счислимые координаты (φ_c, λ_c) с точностью до $1'$;
- вычислить истинный пеленг (ИП) светила;
- вычислить поправку компаса (ΔK) по формуле $\Delta K = ИП - КП$.

Пример

01.09.02 г. $T_c = 20^h 38^m$, ол=41,2, КК=143,0°, $\varphi_c = 59^\circ 14,0' N$, $\lambda_c = 20^\circ 50,0' E$. Измерили серию пеленгов на α Волопаса: средний КП=274,8°, среднее $T_{хр} = 7^h 32^m 06^c$, $U_{хр} = +6^m 20^c$.

Определить поправку компаса.

Решение

1. Вычисляем время и дату на Гринвиче и рассчитываем по МАЕ (NA) экваториальные координаты α Волопаса

						99 (37)
T _c	ZT	20 ^h 38 ^m	1.09	T _{xp}	CT	07 ^h 32 ^m 06 ^s
N _E	ZD	-1		U _{xp}	CE	+6 ^m 20 ^s
T _{Гр}	UTC (GMT)	19 ^h 38 ^m	1.09	T _{Гр}	UTC (GMT)	19 ^h 38 ^m 26 ^s
				S _T	GHA _t	265°45,9'
				ΔS	Corr.	+9°38,1'
				S _{Гр}	GHA	275°24,0'
				λ _E	Long	+20°50,0'
				S _M	LHA _γ	296°14,0'
				τ*	SHA	+146°03,6'
				t _{M W}	LHA*	442°17,6' W
				t _{M E}	LHA*	82°17,6' W
				δ	Dec	19°10,4' N

2. Вычисление Азимута светила

$$\operatorname{tg} A = \sin t / (\operatorname{tg} \delta \cos \varphi - \sin \varphi \cos t),$$

	99 (37)
φ	59°14,0' N
δ	19°10,4' N
t	82°17,6' W
A	N 86,4°W

3. Перевод полукругового азимута в круговой (истинный пеленг) и расчет поправки компаса

$$A = N 86,4^\circ W = 273,6^\circ,$$

$$\Delta K = \text{ИП-КП} = 273,6^\circ - 274,8^\circ,$$

$$\Delta K = -1,2^\circ.$$

$$\text{Ответ: } \Delta K = -1,2^\circ.$$

2.2. Определение поправки компаса по методу видимого восхода или захода солнца

Определение поправки компаса в момент видимого восхода или захода верхнего края Солнца является частным случаем и может быть выполнено лишь дважды в сутки при безоблачном горизонте.

Способ является достаточно точным и расчет поправки не занимает большого количества времени. Решение выполняется с помощью таблиц 20-а, 20-б МТ-75 или 3.37 МТ-2000.

Пример

01.09.02 г. $T_c=17^h46^m$, ол=29,1, $KK=15,0^\circ$, $\varphi_c=59^\circ05,0' N$, $\lambda_c=135^\circ10,0' W$. В момент видимого захода верхнего края Солнца $KП=286,0^\circ$.

Определить поправку компаса.

Решение

1. Рассчитываем по МАЕ (NA) гринвичское время и дату, а затем выбираем табличное значение склонения δ (Dec)

T_c	ZT	17^h46^m	01.09
$N_{\text{дв}}$	ZD	+9	
$T_{\text{гр}}$	$UTC (GMT)$	02^h46^m	02.09
δ	Dec	$08^\circ01,0' N$	

2. Из таблицы “Азимут видимого восхода или захода верхнего края Солнца при одноименных φ и δ ” с помощью интерполяции по φ и δ выбирается полукруговой азимут Солнца: $A = N 72,6^\circ W$. Наименование определяется следующим образом: первая буква – по широте, вторая буква в зависимости от явления – на восходе – E, на заходе – W.

3. Полученный азимут переводим в ИП и рассчитываем поправку компаса

$$A = N 72,6^\circ W = 287,4^\circ,$$

$$\Delta K = \text{ИП} - KП = 287,4^\circ - 286,0^\circ,$$

$$\Delta K = + 1,4^\circ.$$

Ответ: $\Delta K = + 1,4^\circ$.

Аналогом таблиц 20-а, 20-б в МТ, в Адмиралтейских изданиях является таблица “True Amplitudes” в Norie’s Tables.

Аргументами для входа в таблицу являются $\varphi(Lat)$ и $\delta(Dec)$. С помощью интерполяции, выбирается четвертной азимут Солнца. Причем присвоение наименования отличается от обычного. Так, первая буква – E при восходе Солнца, W – при заходе. Вторая буква одноименна со склонением.

Перевод азимута из четвертного счета в круговой осуществляется по правилу

$$\begin{aligned} A = E_N & \quad Z_n = 90^\circ - A, \\ A = E_S & \quad Z_n = 90^\circ + A, \\ A = W_N & \quad Z_n = 270^\circ + A, \\ A = W_S & \quad Z_n = 270^\circ - A. \end{aligned}$$

2.3. Определение поправки компаса по Полярной звезде

Определение поправки компаса по Полярной звезде является частным случаем и может быть выполнено лишь в северном полушарии.

Компасный пеленг Полярной звезды сравнивается с ее азимутом, рассчитанным по МАЕ (NA).

Пример

02.09.02 г. Тс=2^ч37^м, ол=69,1, находясь в точке с координатами $\varphi_c = 43^\circ 59,0' N$, $\lambda_c = 29^\circ 16,0' E$, измерили компасный пеленг Полярной звезды КП=358,1°. Определить поправку компаса.

Решение

1. Рассчитывается по МАЕ (NA) звездное время

Тс	ZT	02 ^ч 37 ^м 2.09
№ _Е	ZD	- 2
Тгр	UTC (GMT)	00 ^ч 37 ^м 2.09
S _T	GHA _t	340°58,2'
ΔS	Corr.	+9°16,5'
S _{ГР}	GHA	350°14,7'
λ _Е	Long	+29°16,0'
S _М	LHA _γ	379°30,7'
S _М	LHA _γ	19,5°

2. Из таблицы “Азимут Полярной” (МАЕ) “Polaris” (NA) по широте (Lat) $\varphi \approx 44^\circ$ и звездному времени (LHA_γ) $S_M \approx 20,0^\circ$, используя двойную интерполяцию, выбираем азимут Полярной $A = 0^\circ 22' \approx 0,4^\circ$. По правилу, указанному под таблицей, определяем наименование азимута – NE.

В NA азимуты приведены уже в круговом счете.

3. Переводим азимут в ИП и рассчитываем поправку компаса

$$A = N 0,4^\circ E = 0,4^\circ,$$

$$\Delta K = \text{ИП-КП} = 0,4^\circ - 358,1^\circ$$

$$\Delta K = + 2,3^\circ.$$

$$\text{Ответ: } \Delta K = + 2,3^\circ.$$

3. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Провести текущий контроль знаний студентов студентов в виде устного опроса по теме «Определение широты по меридиональной высоте Солнца, по высоте Полярной».

2. Разобрать порядок решения задач по определению поправки компаса астрономическими способами.

3. Выдать задания для самостоятельной работы студентов по решению задач по определению поправки компаса.

4. Выполнить проверку выполнения заданий. Подвести итог по занятию.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Наивыгоднейшие условия наблюдений.

2. Пеленгование светил. Точность поправки компаса.

3. Общий случай определения поправки компаса.

4. Вычисление азимута и поправки компаса по формуле котангенса $ctg A$.

5. Вычисление азимута по таблицам A, B, C Norie's tables.

6. Определение поправки компаса по методу высот и моментов.

7. Определение поправки компаса по заходу (восходу) Солнца.

8. Определение поправки компаса по пеленгу Полярной звезды.

5. ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

В задачах №№361-386 определить поправку компаса методом моментов.

№	Дата	T_c ол	КК	φ_c λ_c	Светило	ср КП	$ср T_{хр}$ $U_{хр}$
1	2	3	4	5	6	7	8
361	2/IX	$7^h 18^m$ 29.3	134°	$48^\circ 21' S$ $150 12 W$	Солнце	$72,0^\circ$	$5^h 20^m 45^s$ $-2^m 31^s$
362	15/III	9 36 39.5	318	$39 48 S$ $166 33 E$	Солнце	50,0	10 32 12 +3 04
363	16/III	11 13 42.1	305	$49 27 S$ $121 18 E$	Солнце	20,0	3 07 44 +5 31
364	14/III	17 45 71,2	90	$49 54 N$ $149 50 W$	Солнце	262,1	3 48 22 -2 09
365	21/XI	17 45 83,2	12	$31 37 S$ $50 12 W$	Солнце	257,7	8 51 48 -5 31
366	15/III	$17^h 13^m$ 96,5	310°	$36^\circ 26' N$ $21^\circ 54' E$	Солнце	265,0	4 22 49 -9 23
367	22/XI	$17^h 09^m$ 52,8	94	$6 27 S$ $88 21 E$	Солнце	$254,1^\circ$	$11^h 12^m 57^s$ -3 41

368	2/IX	17 22 73,1	237	31 24 <i>N</i> 50 18 <i>W</i>	Солнце	266,4	8 04 48 +16 31
369	23/XI	15 49 81,3	38	21 05 <i>N</i> 62 07 <i>E</i>	Солнце	241,5	11 47 49 -1 37
370	6/II	7 22 52,3	67	46 38 <i>S</i> 3 21 <i>W</i>	Солнце	88,3	7 21 39 -0 15
371	23/XI	6 22 47,4	306	50 04 <i>S</i> 121 15 <i>E</i>	Солнце	92,8	10 19 47 +1 32
372	7/II	6 46 30,5	45	54 40 <i>S</i> 170 20 <i>E</i>	Солнце	91,6	7 52 54 -6 41
373	21/XI	17 36 74,3	119°	48°04 <i>S</i> 149 58 <i>W</i>	Солнце	255,0	3 33 36 +1 42
374	1/IX	16 36 12,8	212	49 07 <i>N</i> 139 56 <i>W</i>	Солнце	258,1	1 38 07 -2 43
375	23/XI	5 45 75,0	300	59 30 <i>S</i> 134 10 <i>E</i>	Солнце	99,3	8 46 01 +0 08
376	15/ III	16 49 17,4	32	24 18 <i>S</i> 41 23 <i>W</i>	Солнце	271,8	7 37 52 +8 21
377	14/ III	17 36 43,8	264	57 12 <i>N</i> 15 29 <i>W</i>	Солнце	262,3	6 29 04 +6 12
378	3/ IX	8 49 31,2	275	43 12 <i>S</i> 108 43 <i>E</i>	Солнце	50,0	1 49 19 -3 05
379	7/II	10 09 73,4	44	52 30 <i>S</i> 136 27 <i>W</i>	Солнце	45,1	7 14 40 -5 31
380	21/XI	15 36 27,7	18	31 25 <i>N</i> 179 58 <i>W</i>	Солнце	235,0	3 29 22 +5 47
381	2/IX	9 49 37,2	315	49 05 <i>S</i> 151 30 <i>E</i>	Солнце	35,8	11 49 48 -3 41
382	2/IX	16 09 15,7	262	28 37 <i>N</i> 49 51 <i>W</i>	Солнце	260,8	7 11 58 -2 43
383	8/II	7 ^h 49 ^m 14,0	198°	26°13' <i>S</i> 158°16' <i>E</i>	Солнце	100,3	8 55 09 -8 51
384	22/XI	14 18 14,9	281	41 27 <i>N</i> 33 56 <i>W</i>	Солнце	211,9	4 14 36 +3 41
385	1/IX	16 09 31,6	112	48 52 <i>S</i> 165 17 <i>W</i>	Солнце	310,0	3 10 20 -1 08
386	22/XI	16 ^h 09 ^m 47,2	130°	44°05' <i>N</i> 132 10 <i>W</i>	Солнце	237,5°	1 ^h 05 ^m 12 ^s +3 58

В задачах №№387-416 определить поправку компаса по видимому восходу (заходу) Солнца.

№	Дата	φ_c	λ_c	t°	B , мм. рт.ст	КП	Восход или заход
1	2	3	4	5	6	7	8
387	2/ IX	57,5°S	179,8°E	+8	750	284,7°	Заход
388	1/ IX	47,6 S	151,0W	+15	765	277,6	Заход
389	15/III	37,5 N	9,2 E	+20	747	269,8	Заход
390	16/III	46,5 N	147,8 E	+12	770	270,8	Заход
391	6/II	39,7 S	167,8 W	+25	765	110,2	Восход
392	7/II	52,3 S	136,8W	+15	752	115,2	Восход
393	21/XI	44,8 N	18,5 W	+10	768	117,4	Восход
394	23/XI	52,8 N	3,4 E	-5	745	236,2	Заход
395	1/ IX	34,5 S	58,6 E	+19	766	80,1	Восход
396	8/II	58,3 S	71,5 W	+21	773	122,3	Восход
397	16/III	23,9 N	61,5 E	+24	754	270,1	Заход
398	23/XI	52,9 N	16,5 W	0	750	121,0	Восход
399	7/II	48,5 S	166,5W	+22	755	246,7	Заход
400	14/III	50,8 S	148,6W	+15	768	93,7	Восход
401	3/ IX	44,2 N	32,0 E	+19	767	281,0	Заход
402	1/ IX	28,6 N	46,0 W	+24	747	280,8	Заход
403	23/XI	57,5 S	134,8 E	+16	770	131,0	Восход
404	7/II	42,6 S	60,8 W	+20	741	110,2	Восход
405	16/III	61,9 N	177,3E	-2	769	268,2	Заход
406	2/ IX	55,2 N	16,8 E	+11	755	74,9	Восход
407	7/II	15,4 S	36,3 W	+30	752	253,6	Заход
408	22/XI	50,1 S	121,5 E	+15	746	125,9	Восход
409	16/III	63,2 N	2,5 W	+8	772	92,7	Восход
410	14/III	11,0 N	113,5 E	+20	760	271,0	Заход
411	21/XI	47,3 S	92,6 W	+18	767	123,2	Восход
412	15/III	37,2 S	62,8 E	+22	743	264,4	Заход
413	1/ IX	38,7 N	162,1W	+23	753	79,4	Восход
414	23/XI	57,3 N	17,0 W	0	771	234,1	Заход
415	8/II	2,2 S	34,1 W	+30	760	106,5	Восход
416	6/II	6,5 S	89,1 E	+30	758	253,5	Заход

В задачах №№ 417-446 определить поправку компаса по Полярной звезде

№	Дата	T_c	ол	$\varphi_c(N)$	λ_c	КП
1	2	3	4	5	6	7
417	6.02	18 ^h 02 ^m	30,6	36°17'	32°17' E	0,9°
418	7.02	19 15	18,4	29 18	51 06 W	358,1
419	8.02	19 03	22,9	20 45	63 52 W	359,6
420	13.03	22 14	51,6	60 40	111 48 W	1,3
421	16.03	23 20	67,0	12 51	90 24 E	357,2
422	15.03	21 21	30,4	35 00	13 09 E	3,4
423	6.02	18 36	29,8	58 34	5 41 E	0,8
424	7.02	1 37	17,6	65 12	124 18 W	358,0
425	8.02	20 45	01,2	34 29	28 07 E	357,9
426	21.11	2 44	12,8	10 58	0 12 W	2,1
427	1.09	19 59	11,0	45 10	126 46 W	359,2
428	2.09	18 58	45,9	15 26	52 30 E	1,6
429	3.09	4 15	32,7	30 20	17 25 W	2,0
430	1.09	20 37	68,9	48 11	138 11 E	0,2
431	2.09	0 45	13,2	25 02	70 19 W	357,8
432	20.11	22 03	25,5	20 13	80 00 W	359,0
433	21.11	21 59	30,0	58 56	3 53 E	358,5
434	22.11	19 20	41,8	19 44	42 34 E	1,3
435	14.03	22 44	14,5	27 39	91 06 W	359,7
436	15.03	3 36	27,1	13 35	72 13 E	358,8
437	13.03	20 02	12,0	17 08	109 28 W	0,5
438	16.03	2 14	40,8	11 50	50 41 E	2,1
439	6.02	18 44	51,2	47 22	152 01 W	359,9
440	7.02	5 37	63,8	49 14	136 30 E	0,6
441	8.02	3 15	36,6	32 32	35 19 W	1,1
442	22.11	1 03	20,0	16 08	48 22 E	358,2
443	2.09	21 58	19,8	50 13	160 07 W	358,6
444	3.09	3 20	29,5	10 48	78 34 E	0,7
445	21.11	19 02	14,2	18 23	99 00 W	357,0
446	23.11	0 14	40,3	39 17	25 53 E	1,0

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.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 20.

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ ПК ПЗ «ДЕЛЬТА».

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Приобретение компетенций согласно таблице 20.1.

Таблица 20.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Компетенции согласно ФГОС ВПО			
ПКС-5. Умение определять место судна и поправки судовых компасов по наблюдениям небесных светил с использованием астрономических ежегодников и мореходных таблиц, а также математических методов и компьютерных программ	—	Определение места судна, определение поправки компаса	Системы сферических координат, определение места судна, определение поправки компаса
Компетенции согласно Кодексу ПДНВ (Раздел А-II/1. Функция «Судовождение на уровне эксплуатации». Сфера компетентности: «Планирование и осуществление перехода и определение местоположения»)			
К-1. Умение использовать небесные тела для определения места судна	—	Определение места судна, определение поправки компаса	Системы сферических координат, определение места судна, определение поправки компаса
К-9. Умение определять поправки гиро- и магнитных компасов с использованием средств мореходной астрономии и учитывать эти поправки	—	Определение поправки компаса	Системы сферических координат, определение места судна, определение поправки компаса

Объем: 2 академических часа.

Содержание:

1. Подготовка к тестированию на ПК ПЗ «ДЕЛЬТА», проработка типовых заданий – 80 мин.
2. Подведение итогов занятия, допуск к зачету – 10 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. Пластиковая или смарт-доска.
2. Мультимедиа проектор.
3. Бланки для вычислений.
4. Морские астрономические ежегодники.
5. Таблицы для вычисления азимутов светил.
6. Тематические плакаты.

2. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Провести подготовку к тестированию на ПК ПЗ «Дельта».
2. Разобрать решение типовых заданий теста.
2. Выполнить проверку выполнения заданий. Осуществить допуск к зачету.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Элементы горизонтной системы.
2. Элементы 1-й и 2-й экваториальной системы.
3. Основные элементы ВНС.
4. Основные элементы сферического треугольника.
5. Звездное, местное, гринвичское, всемирное, поясное, судовое время.
6. Восход, заход, кульминация Солнца и Луны, начало (конец) навигационных сумерек.
7. Определение места судна астрономическим способом.
8. Расчет поправки компаса.
9. Расчет освещенности.

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.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 21.

ТЕСТИРОВАНИЕ ПК ПЗ «ДЕЛЬТА»

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

Цель занятия: Приобретение компетенций согласно таблице 21.1.

Таблица 21.1 – Формируемые компетенции

Формируемая компетенция	Владения	Умения	Знания
Компетенции согласно ФГОС ВПО			
ПКС-5. Умение определять место судна и поправки судовых компасов по наблюдениям небесных светил с использованием астрономических ежегодников и мореходных таблиц, а также математических методов и компьютерных программ	—	Определение места судна, определение поправки компаса	Системы сферических координат, определение места судна, определение поправки компаса
Компетенции согласно Кодексу ПДНВ (Раздел А-II/1. Функция «Судовождение на уровне эксплуатации». Сфера компетентности: «Планирование и осуществление перехода и определение местоположения»)			
К-1. Умение использовать небесные тела для определения места судна	—	Определение места судна, определение поправки компаса	Системы сферических координат, определение места судна, определение поправки компаса
К-9. Умение определять поправки гиро- и магнитных компасов с использованием средств мореходной астрономии и учитывать эти поправки	—	Определение поправки компаса	Системы сферических координат, определение места судна, определение поправки компаса

Объем: 2 академических часа.

Содержание:

1. Контроль знаний студентов в виде тестовых заданий на ПК ПЗ «Дельта» – 80 мин.
2. Подведение итогов занятия, допуск к зачету – 10 мин.

Необходимое оборудование и материалы:

1. ПК ПЗ «Дельта»

2. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ ЗАНЯТИЯ

1. Провести контроль знаний студентов в виде тестовых заданий на ПК ПЗ «Дельта».

2. Выполнить проверку выполнения заданий. Осуществить допуск к зачету.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Вопросы и задания теста.

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.

МОРЕХОДНАЯ АСТРОНОМИЯ

Методические указания

Составитель: **Потапенко** Сергей Александрович

В авторской редакции